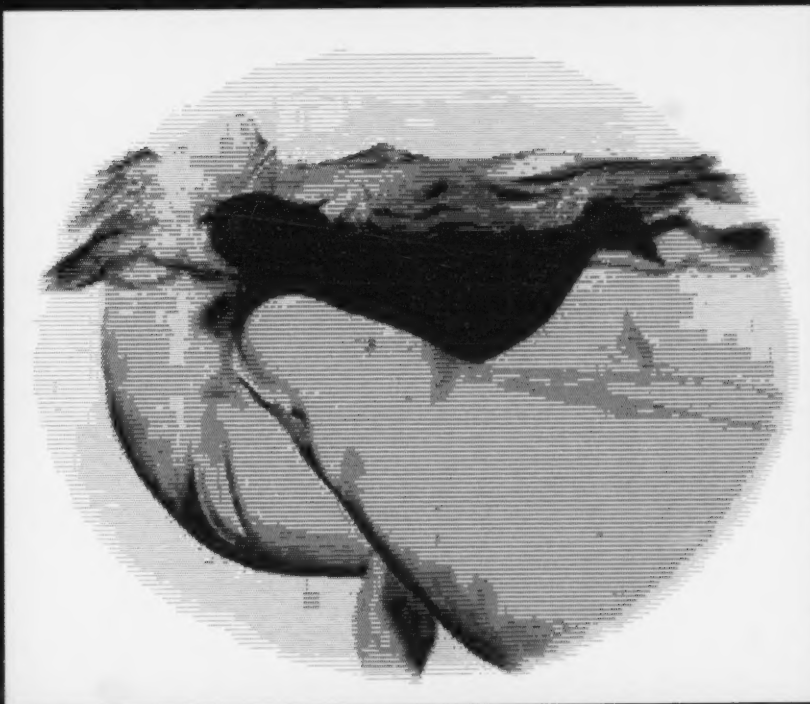


Programme de rétablissement du béluga (*Delphinapterus leucas*), population de l'estuaire du Saint-Laurent au Canada

Béluga



2012



Pêches et Océans Fisheries and Oceans
Canada Canada

Canada

Référence recommandée :

MPO. 2012. Programme de rétablissement du béluga (*Delphinapterus leucas*), population de l'estuaire du Saint-Laurent au Canada, Série de Programmes de rétablissement de la *Loi sur les espèces en péril*, Pêches et Océans Canada, Ottawa, 93 + XI p.

Exemplaires supplémentaires :

Des exemplaires supplémentaires peuvent être téléchargés à partir du Registre public de la *Loi sur les espèces en péril*

Illustration de la couverture : Paule de Margerie

Also available in English under the title:

"Recovery Strategy for the beluga whale (*Delphinapterus leucas*), St. Lawrence Estuary population, in Canada"

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le ministre de Pêches et Océans, 2012. Tous droits réservés.
ISBN 978-1-100-98592-3

N° de cat. En3-4/128-2012F-PDF

Le contenu (à l'exception des illustrations) peut être utilisé sans permission, mais en prenant soin d'indiquer la source.

PRÉFACE

En vertu de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP), le ministre de Pêches et Océans Canada (MPO) est le ministre compétent pour les espèces aquatiques. Conformément à l'article 37 de la LEP, le ministre compétent doit préparer un programme de rétablissement pour les espèces disparues du pays, en voie de disparition ou menacées. Le béluga du Saint-Laurent a été inscrit en tant qu'espèce menacée en vertu de la LEP en mai 2005. Pêches et Océans Canada – Région du Québec a dirigé l'élaboration du présent programme de rétablissement avec la collaboration de Parcs Canada, d'Environnement Canada, des ministères provinciaux et de plusieurs partenaires du milieu. Le contenu et le processus de ce programme satisfont aux exigences de la LEP (articles 39 à 41).

La réussite du rétablissement du béluga du Saint-Laurent dépendra de l'engagement et de la collaboration d'un grand nombre de parties concernées qui participeront à la mise en œuvre des recommandations formulées dans le présent programme. Cette réussite ne pourra reposer seulement sur Pêches et Océans Canada ni sur toute autre compétence. Dans l'esprit de l'Accord pour la protection des espèces en péril, le ministre de Pêches et Océans invite toutes les Canadiennes et tous les Canadiens à se joindre à Pêches et Océans Canada pour appuyer le programme et le mettre en œuvre, pour le bien de l'espèce et de l'ensemble de la société canadienne. Pêches et Océans Canada s'appliquera à encourager la mise en œuvre du programme, compte tenu des ressources disponibles et des diverses priorités à l'égard de la conservation des espèces en péril. Le degré de participation à la mise en œuvre du présent programme par les autres compétences et organismes impliqués est sujet à leurs propres politiques, affectations, priorités et contraintes budgétaires.

Le but, les objectifs et les approches présentées dans ce document pour réaliser le rétablissement ont été développés en fonction de la meilleure information disponible et sont sujets à des modifications advenant de nouvelles informations. Le ministre de Pêches et Océans rendra compte des progrès réalisés d'ici cinq ans. Un ou plusieurs plans d'action détaillant les mesures de rétablissement particulières à prendre pour appuyer la conservation de l'espèce viendront s'ajouter au présent programme. Le ministre mettra en œuvre des moyens pour s'assurer, dans la mesure du possible, que les Canadiennes et les Canadiens directement intéressés ou touchés par ces mesures seront consultés.

En 1983, le Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada, aujourd'hui Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC), avait accordé au béluga du Saint-Laurent le statut d'espèce « en danger de disparition », étant donné le déclin important causé par une chasse excessive, abolie en 1979. En 1986, Pêches et Océans Canada a mis sur pied le comité *ad hoc* pour la conservation des bélugas du Saint-Laurent dont les fonctions principales étaient d'identifier les facteurs pouvant nuire à la survie de la population et d'effectuer des recommandations pour favoriser son rétablissement. C'est sur les bases du rapport déposé par ce comité que fut élaboré le Plan d'action interministériel pour favoriser la survie du béluga. Ce projet, mis en œuvre par Pêches et Océans Canada et Environnement Canada, dans le cadre du Plan d'action Saint-Laurent (PASL), a été réalisé entre 1988 et 1993 dans le but de contrôler le dérangement et les produits chimiques toxiques ainsi que d'accroître les connaissances sur la population de bélugas. Un quatrième volet, ajouté en 1989, visait à augmenter l'accessibilité de l'information au public afin de renseigner et sensibiliser la population québécoise et canadienne à la cause des bélugas du Saint-Laurent. Ces objectifs de conservation et de protection de l'écosystème

du Saint-Laurent ont été poursuivis dans le cadre de Saint-Laurent Vision 2000 et du Plan Saint-Laurent pour un développement durable 2005-2010.

En 1994, le MPO et le Fonds mondial pour la nature (WWF) ont participé à la mise en place d'une équipe pour le rétablissement du béluga, population de l'estuaire du Saint-Laurent, composée de membres provenant des ministères provinciaux et fédéraux ainsi que d'organisations non-gouvernementales; son mandat était d'élaborer un plan de rétablissement pour cette population qui fut publié en décembre 1995 (MPO et WWF, 1995).

Par la suite, en 1996, le Comité sur le rétablissement du béluga du Saint-Laurent a été formé pour favoriser et surveiller la mise en œuvre de ce plan de rétablissement. Le COSEPAC a réexaminé et confirmé le statut d'espèce « en voie de disparition » de la population de bélugas de l'estuaire du Saint-Laurent en 1997. En 1998, le Comité sur le rétablissement du béluga a publié le premier compte rendu de la mise en œuvre du Plan de rétablissement du béluga du Saint-Laurent (MPO et WWF, 1998).

En 2002 et 2003, le comité de rétablissement s'est de nouveau réuni pour mettre à jour l'information disponible sur le béluga du Saint-Laurent et pour réviser les recommandations du plan de rétablissement de 1995. Puis, en mai 2004, le COSEPAC a changé le statut de la population de bélugas du Saint-Laurent pour « espèce menacée », suite à l'adoption de nouveaux critères quantitatifs de classification afin de les harmoniser avec ceux de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN). En 2005, Pêches et Océans Canada a réuni des spécialistes du béluga dans le but de fixer des critères d'évaluation permettant de définir une population rétablie et d'obtenir des avis scientifiques sur le potentiel de rétablissement des différentes populations canadiennes de béluga (MPO, 2005b, a; Lawson et coll., 2006).

Avec l'adoption de la *Loi sur les espèces en péril*, une équipe pour le rétablissement du béluga du Saint-Laurent a été formée dans le but d'élaborer un programme de rétablissement, conforme à la Loi. Ce présent programme de rétablissement est donc la somme de tous ces efforts réalisés depuis 1983 pour le rétablissement de la population de bélugas de l'estuaire du Saint-Laurent. Ce programme a été élaboré en coopération ou en consultation avec les parties suivantes : autorités gouvernementales, groupes autochtones, groupes environnementaux, intervenants de l'industrie.

REMERCIEMENTS

Pêches et Océans Canada remercie les rédacteurs du document, Andréanne Demers, Hugues Bouchard, Jacinthe Beauchamp et Paule de Margerie. Il remercie également les membres de l'équipe de rétablissement (annexe 1) du travail consciencieux qu'ils ont dû accomplir pour fournir des renseignements, des conseils et des avis tout au long de l'élaboration du programme de rétablissement. Le ministère remercie également Gilles Fortin du MPO pour son soutien en cartographie.

De plus, Pêches et Océans Canada remercie le gouvernement du Québec et le personnel du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent pour leur engagement envers le rétablissement du béluga de l'estuaire du Saint-Laurent. Enfin, le MPO souligne l'apport précieux de toutes les personnes qui ont commenté le document.

SOMMAIRE

La population de bélugas (*Delphinapterus leucas*) de l'estuaire du Saint-Laurent a été grandement réduite par la chasse, qui fut interdite en 1979 dans le fleuve Saint-Laurent. En mai 2005, cette population a été officiellement inscrite à l'annexe 1 de la *Loi sur les espèces en péril* à titre d'espèce menacée.

Outre la chasse menée dans le passé, dix menaces limitant le rétablissement du béluga du Saint-Laurent ont été déterminées dans ce programme. Quatre d'entre elles affectent l'ensemble de la population, soit les contaminants, le dérangement anthropique, la réduction de la qualité et de la quantité des proies et les autres dégradations de l'habitat. Trois menaces peuvent annuellement perturber ou causer la mort de quelques individus : les collisions avec les bateaux, l'empêchement dans les engins de pêche et les activités scientifiques. Finalement, trois autres menaces ponctuelles peuvent limiter le rétablissement du béluga du Saint-Laurent lorsqu'elles se produisent. Ce sont le déversement de produits toxiques, les efflorescences d'algues toxiques et les épizooties.

Le rétablissement de la population de bélugas du Saint-Laurent est réalisable et a pour but d'augmenter à long terme l'effectif de la population à 7070 individus, ce qui correspond à 70 % de l'effectif d'origine. L'objectif visé à long terme devrait être atteint dans les années 2050 selon un taux optimal de croissance de la population de 4 % ou en 2100 suivant le taux actuel de croissance d'environ 1 %. Un objectif intermédiaire de 1000 individus matures a également été établi. La taille de la population actuelle est estimée à environ 1100 individus au total. Afin d'atteindre ces objectifs de population, six objectifs de rétablissement ont été fixés :

- 1) réduire les contaminants, chez le béluga, ses proies et leurs habitats ;
- 2) réduire le dérangement anthropique ;
- 3) assurer au béluga des ressources alimentaires accessibles et adéquates;
- 4) atténuer les effets des autres menaces sur le rétablissement de cette population;
- 5) protéger l'habitat du béluga sur toute son aire de répartition et
- 6) assurer un suivi régulier de la population de bélugas de l'estuaire du Saint-Laurent.

La fidélité des bélugas femelles et de leur veau à l'habitat d'estivage représente un enjeu fondamental pour la survie et le rétablissement de cette population. Les fonctions vitales de mise bas et d'élevage ont lieu au sein de l'habitat essentiel, délimité par l'estuaire moyen, la rivière Saguenay jusqu'à la baie Sainte-Marguerite et le chenal du sud de l'estuaire maritime. Un calendrier des études requises afin de compléter la désignation de l'habitat essentiel est inclus.

Le présent programme de rétablissement fait suite au plan de rétablissement du béluga du Saint-Laurent paru en 1995 et pourra être modifié à la suite de l'acquisition de nouvelles connaissances ou à la modification du contexte. Un nouvel exemplaire du document sera disponible sur le Registre public des espèces en péril.

FAISABILITÉ DU RÉTABLISSEMENT

Le rétablissement du béluga du Saint-Laurent est considéré comme étant réalisable puisqu'il répond aux quatre critères de la faisabilité technique et biologique du rétablissement.

1. Des individus de l'espèce sauvage capables de se reproduire sont disponibles maintenant ou le seront dans un avenir prévisible pour maintenir la population ou augmenter son abondance.

Si l'intervention vise directement les menaces, le nombre de bélugas présents actuellement dans l'estuaire du Saint-Laurent devrait être suffisant pour permettre la croissance de la population.

2. Un habitat convenable suffisant est disponible pour soutenir l'espèce, ou pourrait être rendu disponible par des activités de gestion ou de remise en état de l'habitat.

Même si les habitats disponibles montrent un certain niveau de détérioration, leur nombre semble suffisant puisque la population actuelle n'occupe pas la totalité de l'aire de répartition d'origine. Des habitats sont donc théoriquement disponibles pour permettre la croissance de la population.

3. Les principales menaces pesant sur l'espèce ou son habitat peuvent être évitées ou atténuées.

Même si pour le moment, il n'est pas possible de déterminer exactement l'impact des menaces prises individuellement ni comment elles peuvent agir sur le rétablissement du béluga du Saint-Laurent, plusieurs menaces potentielles ont été déterminées. Depuis la rédaction du précédent plan de rétablissement en 1995, plusieurs actions de conservation ont été réalisées. De plus, dans le cadre du présent programme de rétablissement, d'autres mesures sont proposées afin de diminuer l'impact des activités anthropiques sur cette population. Même si, dans certains cas, l'efficacité de ces mesures n'a pas totalement été démontrée, ces dernières font l'objet d'études qui permettront d'augmenter leur rendement.

4. Des techniques de rétablissement existent pour atteindre les objectifs en matière de population et de répartition ou leur élaboration peut être prévue dans un délai raisonnable.

Des méthodes de décontamination existent et des sites aquatiques ont été nettoyés. Il existe également des méthodes pour restaurer ou atténuer les impacts sur l'habitat des proies du béluga lors de projets de développement. Plusieurs techniques ou protocoles sont disponibles pour diminuer l'impact de certaines menaces telles que le dérangement par les engins navigants ou l'empêchement dans les engins de pêche.

TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE	I
REMERCIEMENTS	III
SOMMAIRE	IV
FAISABILITÉ DU RÉTABLISSEMENT	V
LISTES DES TABLEAUX ET DES FIGURES	VIII
LISTE DES ACRONYMES	X
1. CONTEXTE	1
1.1 Évaluation de l'espèce par le COSEPAC	1
1.2 Description	1
1.3 Populations et répartition	2
1.3.1 Répartition et abondance mondiale de l'espèce	2
1.3.2 Répartition de la population du Saint-Laurent	4
1.3.3 Taille et tendance de la population du Saint-Laurent	6
1.4 Besoins du béluga, population de l'estuaire du Saint-Laurent	9
1.4.1 Biologie et besoins en matière d'habitat	9
1.4.2 Rôle écologique et valeur anthropique	12
1.4.3 Facteurs limitatifs	13
1.5 Menaces	14
1.5.1 Causes de mortalité des bélugas du Saint-Laurent	14
1.5.2 Classification des menaces	15
1.5.3 Description des menaces	17
1.6 Mesures déjà achevées ou en cours	32
1.6.1 Protection légale	32
1.6.2 Programmes visant l'amélioration de la qualité des eaux de l'estuaire du Saint-Laurent	36
1.6.3 Interdiction des activités d'exploration et d'exploitation pétrolière et gazière	37
1.6.4 Intendance	37
1.6.5 Atténuation du dérangement par les activités scientifiques	38
1.6.6 Recherches	38

2. RÉTABLISSEMENT	39
2.1 Objectifs en matière de population et de répartition	39
2.2 Objectifs de rétablissement	41
2.3 Stratégies et mesures afin d'atteindre les objectifs du rétablissement	42
2.3.1. <i>Planification du rétablissement</i>	42
2.3.2. <i>Commentaires à l'appui du tableau de planification du rétablissement</i>	47
2.4 Habitat essentiel	47
2.4.1. <i>Information et méthode utilisées pour désigner l'habitat essentiel</i>	48
2.4.2. <i>Description de l'habitat essentiel</i>	51
2.4.3. <i>Calendrier des études visant à désigner l'habitat essentiel</i>	52
2.4.4. <i>Exemples d'activités susceptibles de détruire l'habitat essentiel</i>	53
2.5 Lacunes dans les connaissances	54
2.6 Progrès vers le rétablissement	55
2.7 Énoncé sur les plans d'action	55
ANNEXE 1. ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT	56
ANNEXE 2. CONTAMINANTS	57
ANNEXE 3. EFFETS SUR D'AUTRES ESPÈCES ET SUR L'ÉCOSYSTÈME	66
ANNEXE 4. RÉFÉRENCES	68

LISTES DES TABLEAUX ET DES FIGURES

Liste des tableaux

Tableau 1. Causes de mortalité des bélugas du Saint-Laurent échoués et nécropsiés de 1983 à 2006 (n=175) (Banque de données du Centre canadien coopératif de la santé de la faune).	14
Tableau 2. Synthèse des menaces au rétablissement du béluga du Saint-Laurent.....	16
Tableau 3. Tableau de planification du rétablissement du béluga du Saint-Laurent.	42
Tableau 4. Sommaire des fonctions vitales, composantes et caractéristiques de l'habitat essentiel du béluga du Saint-Laurent.....	52
Tableau 5. Calendrier d'études visant à désigner l'habitat essentiel	53
Tableau 6. Exemple d'activités susceptibles de détruire l'habitat essentiel	54

Liste des figures

Figure 1. Répartition mondiale du béluga (adapté de Reeves, 1990). Les bélugas sont présents dans les eaux de l'Alaska, du Canada, du Groenland, de la Norvège et de la Russie.....	3
Figure 2. Localisation des sept populations canadiennes de bélugas. 1) population de l'estuaire du Saint-Laurent ; 2) population de la baie d'Ungava ; 3) population de l'est de la baie d'Hudson ; 4) population de l'ouest de la baie d'Hudson ; 5) population de l'est du haut Arctique et de la baie de Baffin ; 6) population de la baie Cumberland ; 7) population de l'est de la mer de Beaufort. Adapté de COSEPAC, 2004. En gris est la zone d'occurrence de la population tandis qu'en noir est l'aire principale d'estivage.....	4
Figure 3. Répartition d'origine du béluga du Saint-Laurent (adapté de Vladykov, 1944). L'été, l'aire de répartition s'étendait vers l'est le long de la Côte-Nord jusqu'à Natashquan et le long de la rive sud jusqu'à Grande-Vallée. L'aire de répartition totale s'étendait jusqu'à Québec et la baie des Chaleurs.....	5
Figure 4. Répartition actuelle du béluga du Saint-Laurent (adapté de Michaud, 1993a). L'aire de répartition estivale s'étend de Saint-Jean-Port-Joli jusqu'à Forestville et inclut la rivière Saguenay jusqu'à Saint-Fulgence. L'aire total de répartition s'étend jusqu'à Sept-Îles.....	6
Figure 5. Estimation de la taille de la population du béluga du Saint-Laurent depuis 1988 jusqu'à 2005, indice corrigé et erreur standard (adapté de Gosselin et coll., 2007). La population n'aurait connu qu'une légère hausse, tendance qui est statistiquement non significative, passant d'environ 900 individus en 1988 à un peu plus de 1 200, en 2005.....	8
Figure 6. Répartition estivale des trois types de troupeaux de béluga du Saint-Laurent (adapté de Michaud, 1993a). Les troupeaux d'adultes et de jeunes se retrouvent autour de l'île aux	

Coudres, des îles de Kamouraska, de Rivière-du-Loup et de Saint-Siméon. Les troupeaux d'adultes seulement se retrouvent dans le chenal laurentien, au large des Escoumins. Les troupeaux mixtes se retrouvent dans la rivière Saguenay, la tête du chenal laurentien et la portion sud de l'estuaire. En médaillon, la localisation du secteur au Québec..... 11

Figure 7. Carte du Parc marin Saguenay–Saint-Laurent et des deux projets d'aires marines protégées dans le secteur, soit le projet d'aire marine protégée de Manicouagan et le projet de zone de protection marine Estuaire du Saint-Laurent. En médaillon, la localisation du secteur au Québec..... 35

Figure 8. Temps requis pour atteindre l'objectif de population fixé de 7 070 individus, au taux de croissance actuel d'environ 1 % et au taux de croissance théorique maximal de 4 % (M. Hammill, MPO, données non publiées). 40

Figure 9. Habitat essentiel du béluga du Saint-Laurent. Il s'étend des battures aux Loups Marins jusqu'à la portion sud de l'estuaire au large de Saint-Simon. Il inclut la portion aval de la rivière Saguenay. En médaillon, la localisation du secteur au Québec. 50

LISTE DES ACRONYMES

AOM	Activités d'observation en mer
BAPE	Bureau d'audiences publiques sur l'environnement
BPC	Biphényles polychlorés
CITES	Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction
CMI	Commission mixte internationale
COSEPAC	Comité sur la situation des espèces en péril au Canada
CPF	Composés perfluorés
DDE	Dichlorodiphénylthane
DDD	Dichlorodiphényldichloroéthane
DDT	Dichlorodiphényltrichloroéthane
EC	Environnement Canada
GREMM	Groupe de recherche et d'éducation sur les mammifères marins
HAP	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
HCB	Hexachlorobenzène
HCH	Hexachlorocyclohexane
IARC	Agence internationale de la recherche sur le cancer (International Agency for Research on Cancer)
INESL	Institut national d'écotoxicologie du Saint-Laurent
IPCS	Programme international sur la sécurité chimique (International Program on Chemical Safety)
LEP	<i>Loi sur les espèces en péril</i>
LQE	<i>Loi sur la qualité de l'environnement</i>
MPO	Pêches et Océans Canada
NRC	National Research Council (États-Unis)
OC	Organochlorés
PAEQ	Programme d'assainissement des eaux du Québec
PASL	Plan d'action Saint-Laurent
PBDE	Polybromés diphényléthers
PC	Parafines chlorées
PIH	Programme d'intendance de l'habitat
PMSSL	Parc marin du Saguenay–Saint-Laurent
POP	Polluant organique persistant
ROMM	Réseau d'observation des mammifères marins
RQUMM	Réseau québécois d'urgence pour les mammifères marins
SPFO	Sulfonate de perfluorooctane
TBT	Tributylétain

UICN	Union internationale pour la conservation de la nature
WWF	Fonds mondial pour la nature (World Wildlife Fund)
ZIP	Zone d'intervention prioritaire
ZPM	Zone de protection marine

1. CONTEXTE

1.1 Évaluation de l'espèce par le COSEPAC

Sommaire de l'évaluation du COSEPAC tel qu'il apparaît dans le rapport de situation (COSEPAC, 2004)¹ :

Date de l'évaluation : Mai 2004

Nom commun (population) : Béluga (population de l'estuaire du Saint-Laurent)

Nom scientifique : *Delphinapterus leucas*

Statut selon le COSEPAC : Espèce menacée

Justification de la désignation : La population a été grandement réduite par la chasse qui a eu lieu jusqu'en 1979. Des charges élevées de contaminants ont peut-être aussi contribué au déclin de la population. Les relevés aériens effectués depuis 1973 laissent croire que le déclin a cessé, mais ne fournissent pas de preuves claires d'une augmentation importante des effectifs. Les niveaux de nombreux contaminants demeurent élevés dans la chair du béluga. Les baleines et leur habitat sont menacés par les contaminants, le trafic maritime et l'industrialisation du bassin hydrographique du fleuve Saint-Laurent.

Présence au Canada : Québec, océan Atlantique

Historique du statut selon le COSEPAC : Espèce désignée « en voie de disparition » en avril 1983 et en avril 1997. Réexamen du statut : l'espèce a été désignée « menacée » en mai 2004. Dernière évaluation fondée sur une mise à jour d'un rapport de situation.

* À noter que le changement de statut du béluga d'espèce « en voie de disparition » à « menacée » n'est pas dû à une amélioration de la situation et de la condition du béluga du Saint-Laurent. Ce changement de statut vient principalement du fait qu'en 2003, le COSEPAC a adopté de nouveaux critères quantitatifs de classification, afin de les harmoniser avec ceux d'autres organismes, dont l'UICN. À la même période, des travaux de recherche ont mené à une évaluation plus juste et moins conservatrice de la taille de la population. Le statut du béluga du Saint-Laurent a donc été ajusté en fonction des nouveaux critères quantitatifs d'évaluation du COSEPAC et ce principalement à cause de la taille de la population qui est maintenant estimée plus justement à environ un millier d'individus.

1.2 Description

Le béluga (*Delphinapterus leucas*) est une baleine à dents (famille des odontocètes) de l'hémisphère Nord, adapté aux conditions arctiques et subarctiques. Cette espèce est caractérisée

¹ Disponible sur le [Registre public](#)

par l'absence de nageoire dorsale, une peau épaisse et la présence d'une crête dorsale utilisée pour briser la glace, ainsi que d'une proéminence sur la tête appelée melon, qui est une boule de graisse utilisée pour l'écholocation². Les adultes se distinguent par leur peau blanche. Un béluga mâle adulte peut peser 1 900 kg et mesurer entre 2,6 et 4,5 m; la femelle adulte fait environ 80 % de la longueur du mâle jusqu'à un maximum de 3,5 m (Vladykov, 1944; Lesage et Kingsley, 1998; COSEPAC, 2004).

Les baleineaux sont gris et présentent parfois des taches de couleur plus foncées. À la naissance, ils mesurent 1,5 m de longueur, soit près de 50 % de la taille de leur mère et pèsent environ 78 kg. À l'âge de deux ans, ils atteignent 60 à 65 % de la longueur de leur mère (Brodie, 1971; Lesage et Kingsley, 1998). Les juvéniles plus âgés pâlisent graduellement jusqu'à devenir entièrement blancs à l'âge de la maturité sexuelle ou peu après (Sergeant, 1973; Heide-Jørgensen et Teilmann, 1994; Lesage et Kingsley, 1998).

1.3 Populations et répartition

1.3.1 Répartition et abondance mondiale de l'espèce

La population mondiale de bélugas est divisée en 29 populations dispersées dans la région circumpolaire entre les latitudes 47° N et 80° N (Martin et Reeves, 2000). Les bélugas sont présents dans les eaux de l'Alaska, du Canada, du Groenland, de la Norvège et de la Russie (figure 1). Ces populations se déplacent d'un habitat à un autre en fonction de la saison et de leurs exigences biologiques (par exemple, l'alimentation, la mise bas ou l'hivernage). Elles montrent une fidélité aux sites d'estivage qui sont souvent des estuaires et des fronts de glacier.

Il n'existe pas d'estimation fiable de la population mondiale de bélugas. Martin et Reeves (2000) ont présenté des estimations d'abondance des 29 populations identifiées dans le monde, qui totalisent entre 98 000 et 120 000 individus. Selon le rapport du COSEPAC (2004), l'effectif total en Amérique du Nord pourrait être supérieur à 100 000 individus, dont plus de 85 000 dans les eaux canadiennes. Sur la base de leur répartition estivale, les bélugas du territoire canadien ont été divisés en sept populations, représentées à la figure 2 (COSEPAC, 2004; MPO, 2005b). Le COSEPAC a évalué toutes les populations canadiennes et leur a octroyé un statut (en voie de disparition, menacé, préoccupant, non en péril). Actuellement, seule la population de l'estuaire du Saint-Laurent est inscrite à l'annexe 1 de la LEP.

² Processus physiologique pour localiser des objets, tels que des proies, qui consiste à émettre des ondes sonores qui sont réfléchies à l'émetteur par les objets (comme un sonar).

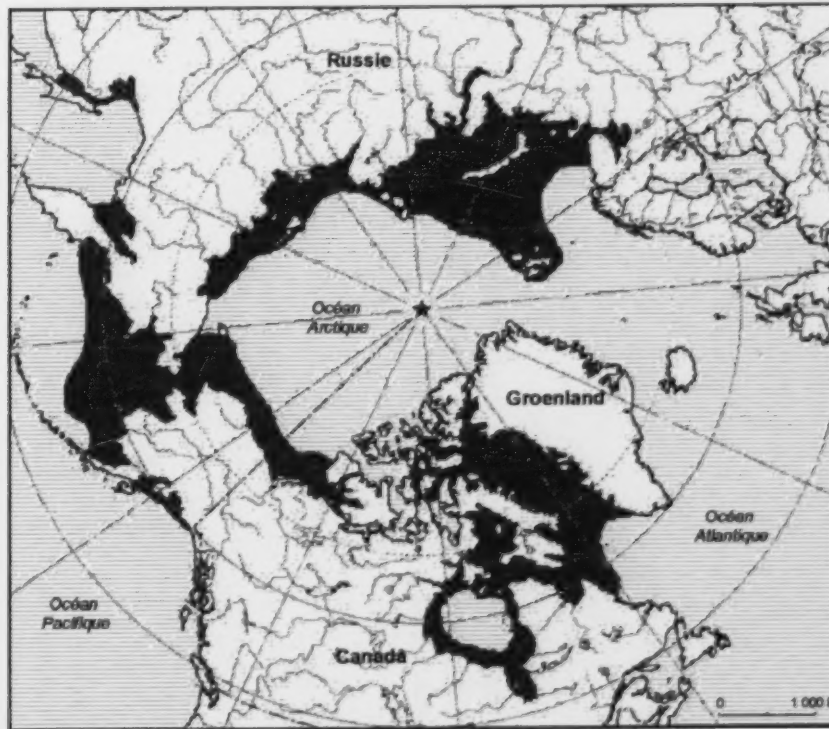


Figure 1. Répartition mondiale du béluga (adapté de Reeves, 1990). Les bélugas sont présents dans les eaux de l'Alaska, du Canada, du Groenland, de la Norvège et de la Russie.

Cette division de la population nord-américaine de bélugas pourrait changer à la lumière des nouvelles études génétiques. Des études ont démontré à partir d'analyses des ADN mitochondrial et nucléaire que la population nord-américaine de bélugas n'est pas homogène (Brown Gladden et coll., 1997; Brown Gladden et coll., 1999b; de March et coll., 2002; de March et Postma, 2003). Cette population est divisée en deux unités évolutives différentes (est et ouest) et subdivisée en au moins huit unités d'aménagement représentatives du lieu d'estivage.

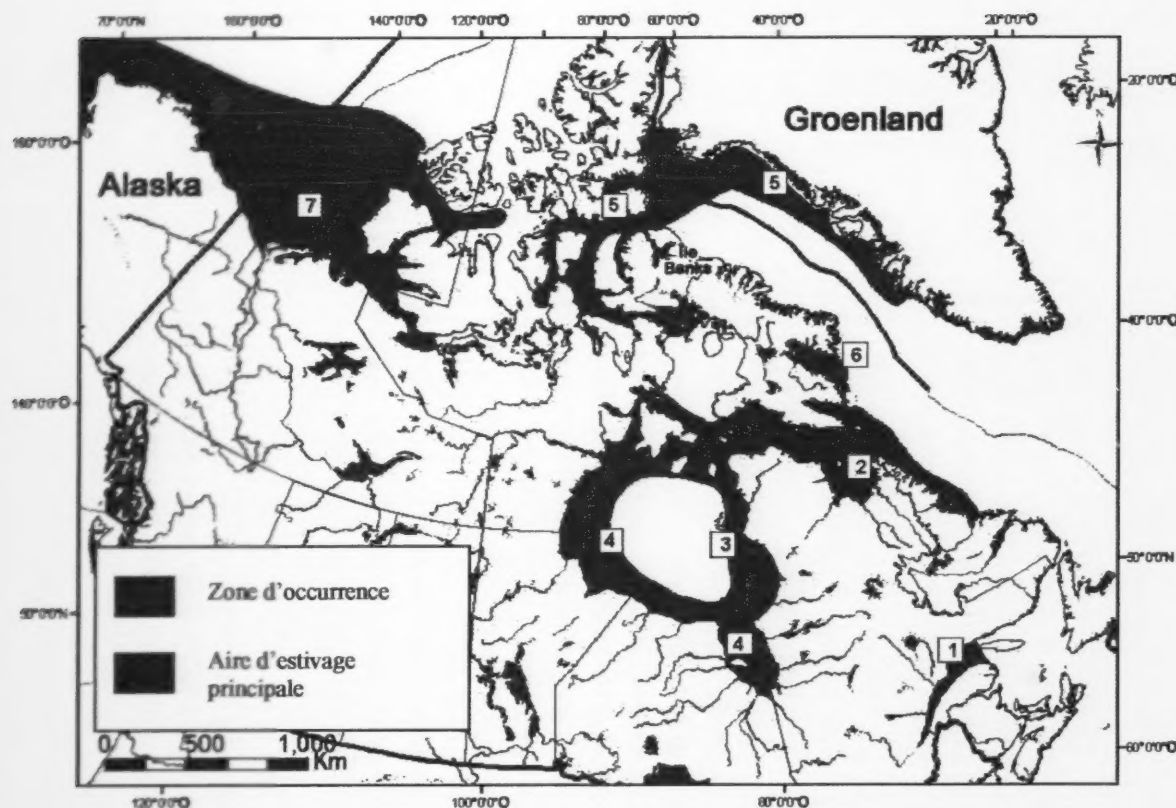


Figure 2. Localisation des sept populations canadiennes de bélugas. 1) population de l'estuaire du Saint-Laurent ; 2) population de la baie d'Ungava ; 3) population de l'est de la baie d'Hudson ; 4) population de l'ouest de la baie d'Hudson ; 5) population de l'est du haut Arctique et de la baie de Baffin ; 6) population de la baie Cumberland ; 7) population de l'est de la mer de Beaufort. Adapté de COSEPAC, 2004. En gris est la zone d'occurrence de la population tandis qu'en noir est l'aire principale d'estivage.

1.3.2 Répartition de la population du Saint-Laurent

Le béluga de l'estuaire du Saint-Laurent vit en aval de la région des Grands Lacs, densément peuplée et très industrialisée, et au milieu d'une voie de navigation importante où l'on trouve des polluants de toutes sortes. Les analyses des ADN mitochondrial et nucléaire ainsi que celles des régions fonctionnelles du génome montrent que les bélugas du Saint-Laurent sont génétiquement isolés des autres populations de bélugas (Brennin et coll., 1997; Brown Gladden et coll., 1997; Brown Gladden et coll., 1999a; Murray et coll., 1999; de March et Postma, 2003). Ils constituent une lignée dont les parents les plus proches sont les bélugas de la côte est de la baie d'Hudson (Brown Gladden et Clayton, 1993; Brown Gladden et coll., 1997; Brown Gladden et coll., 1999a; COSEPAC, 2004). Toutefois, les analyses génétiques démontrent que ces deux groupes sont séparés depuis environ 8 000 ans (de March et coll., 2002).

De plus, les bélugas du Saint-Laurent semblent géographiquement isolés des autres populations de l'est de l'Arctique, bien que la distance qui les sépare ne soit théoriquement pas

infranchissable. À l'occasion, la présence de bélugas est signalée dans le nord-est et le sud du golfe du Saint-Laurent, le long de la côte du Labrador, près de Terre-Neuve, de la Nouvelle-Écosse et de la côte est des États-Unis (Reeves et Katona, 1980; Michaud et coll., 1990; Curren et Lien, 1998). Vladykov (1944) avait avancé l'idée que la population du Saint-Laurent n'était pas complètement isolée des populations vivant plus au nord et que des bélugas du nord avaient pu migrer vers le Saint-Laurent. Il est cependant impossible d'évaluer l'importance de ces mouvements, ou de savoir si des bélugas de l'Arctique auraient pénétré dans l'estuaire du Saint-Laurent à une époque récente.

La plus ancienne description de l'aire de répartition du béluga du Saint-Laurent est celle réalisée par Vladykov (1944). L'été, l'aire de répartition s'étendait vers l'est le long de la Côte-Nord jusqu'à Natashquan et le long de la rive sud jusqu'à Grande-Vallée (figure 3). L'aire de répartition printanière s'étendait plus à l'ouest, autour de l'île aux Coudres et plus à l'est et au sud, dans les eaux côtières de la péninsule gaspésienne et de la rive nord de la baie des Chaleurs. L'aire de répartition automnale comprenait le fjord du Saguenay et s'étendait aussi vers l'ouest, au-delà de la ville de Québec.

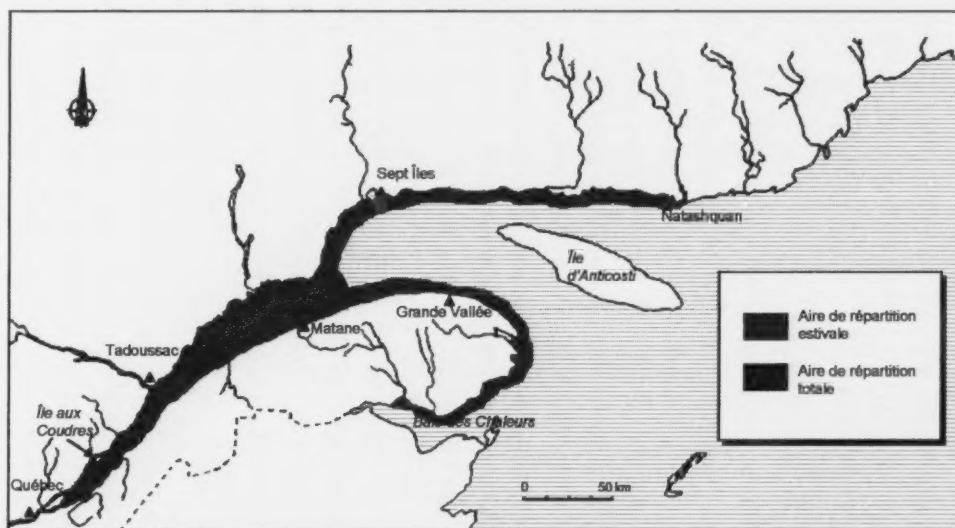


Figure 3. Répartition d'origine du béluga du Saint-Laurent (adapté de Vladykov, 1944). L'été, l'aire de répartition s'étendait vers l'est le long de la Côte-Nord jusqu'à Natashquan et le long de la rive sud jusqu'à Grande-Vallée. L'aire de répartition totale s'étendait jusqu'à Québec et la baie des Chaleurs.

Bien que réduite par rapport à son état original, l'aire de répartition totale actuelle du béluga du Saint-Laurent couvre encore un territoire de plus de 8 000 km² dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent ainsi que dans la rivière Saguenay (Michaud, 1993a; MPO et WWF, 1995). La zone d'estivage actuelle, qui a peu changé ces 20 dernières années ne représente qu'une portion de l'aire d'origine (Michaud et coll., 1990; Lesage et Kingsley, 1998; Gosselin et coll., 2007). La population est concentrée à l'embouchure de la rivière Saguenay et occupe une aire de 2 000 km² depuis les battures aux Loups Marins en face de Saint-Jean-Port-Joli, jusqu'à Rimouski, sur la rive sud du Saint-Laurent et Forestville, sur la Côte-Nord (figure 4). Au cours des dernières années, l'observation de près d'une trentaine de bélugas dans la portion de l'estuaire à l'est de

Rimouski et Forestville ainsi que dans la région de Sept-Îles, laisse présager une répartition plus étendue que celle présumée jusqu'à maintenant (Kingsley et Reeves, 1998; Gosselin et coll., 2007). L'aire d'été comprend aussi la rivière Saguenay, de l'embouchure jusqu'à Saint-Fulgence.

La répartition des bélugas hors de la période estivale, est mal connue. Les observations sont peu nombreuses au printemps et à l'automne et on suppose que la répartition en ces saisons est semblable à celle d'été (Boivin et Michaud, 1990; Michaud et Chadenet, 1990; Michaud et coll., 1990). Cette population est partiellement migratrice, car en hiver elle se déplace jusque dans le nord-ouest du golfe du Saint-Laurent (Michaud et coll., 1990; Lesage et Kingsley, 1998; Kingsley, 1999). Des signalements occasionnels ainsi que des survols aériens partiels effectués en 1989 et 1990 suggèrent que l'hiver, l'aire de répartition s'étend en aval dans le golfe, jusqu'à Sept-Îles sur la Côte-Nord (Sears et Williamson, 1982; Boivin et Michaud, 1990). De petits groupes ont aussi été aperçus dans l'estuaire jusqu'à Rivière-du-Loup. Il est probable que la répartition hivernale varie d'année en année en fonction des conditions de glace (Vladykov, 1944; Boivin et Michaud, 1990). Au début du printemps, il est possible d'apercevoir des bélugas au large de la péninsule gaspésienne jusqu'aux battures aux Loups Marins, en amont (Michaud et Chadenet, 1990).

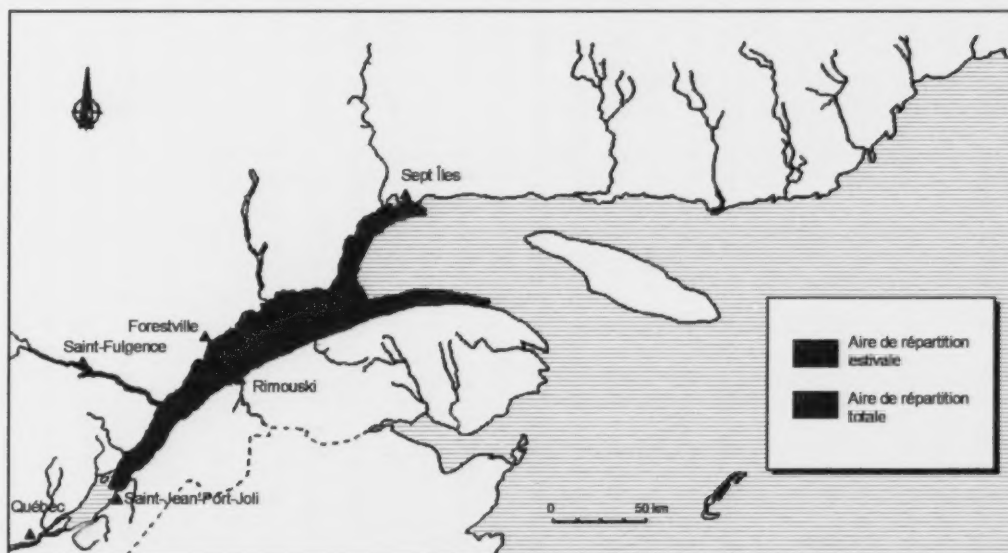


Figure 4. Répartition actuelle du béluga du Saint-Laurent (adapté de Michaud, 1993a). L'aire de répartition estivale s'étend de Saint-Jean-Port-Joli jusqu'à Forestville et inclut la rivière Saguenay jusqu'à Saint-Fulgence. L'aire total de répartition s'étend jusqu'à Sept-Îles.

1.3.3. Taille et tendance de la population du Saint-Laurent

D'une population d'origine dont la taille a été évaluée à entre 7 800 et 10 100 individus (MPO, 2005b; Hammill et coll., 2007), le béluga du Saint-Laurent aurait atteint un creux à environ 1 000 individus dans les années suivant 1979, année à partir de laquelle la chasse fut interdite (Hammill et coll., 2007). Les estimations des effectifs antérieures à 1988 sont difficiles à

comparer avec les estimations subséquentes parce que les premiers relevés aériens réalisés ne tenaient pas compte des animaux en plongée et non visibles. L'utilisation d'un facteur de correction de 209 % s'est avérée nécessaire pour tenir compte des animaux en plongée (Kingsley et Gauthier, 2002). Ce facteur de correction est similaire à ceux obtenus dans le cadre d'études télémétriques satellitaires pour les bélugas de l'Arctique, soit entre 180 et 290 % (Kingsley et Gauthier, 2002).

Depuis 1988, les dénombrements à partir de photos aériennes ont donc été standardisés afin de rendre possible la comparaison des effectifs estimés et suivre la tendance de la population. Par contre, la petite taille de la population, sa nature grégaire, sa répartition spatiale hétérogène et le temps passé sous l'eau impliquent une variabilité dans les estimations de la taille de la population entre les relevés (Gosselin et coll., 2007). L'utilisation des données des relevés aériens standardisés entre 1988 et 2005 indique que la population n'aurait connu qu'une légère hausse, tendance qui est statistiquement non significative, passant d'environ 900 individus en 1988 à un peu plus de 1 200, en 2005, ce qui correspond à 12 % de l'effectif d'origine (Hammill et coll., 2007) (figure 5). Le taux de croissance de la population est baigné d'une grande incertitude et est estimé à environ 1 %, ce qui est très lent pour une population qui n'est plus chassée (MPO, 2005b). Normalement, une population de bélugas non exploitée, dont l'effectif n'excède pas la capacité de support du milieu, devrait s'accroître à un rythme de 2,5 à 3,5 % par année (COSEPAC, 2004) avec un maximum de 4 % (MPO, 2005a). Il est à noter que si on considère l'incertitude liée aux estimations d'abondance des bélugas, on présume qu'avec des suivis aériens tous les 2 à 3 ans, il faudrait 20 ans pour déceler une tendance si le taux de croissance annuel était de 3 % (Michaud et Béland, 2001); s'il est de 1 %, il faudrait 40 et non 24 ans comme il a été proposé antérieurement par l'équipe de rétablissement du béluga du Saint-Laurent (MPO et WWF, 1995).

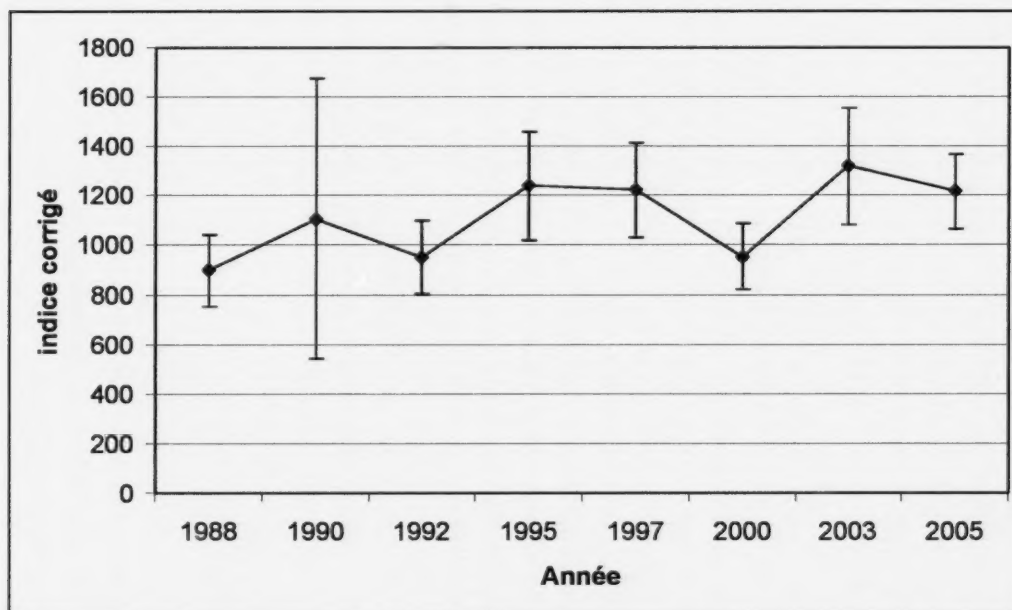


Figure 5. Estimation de la taille de la population du béluga du Saint-Laurent depuis 1988 jusqu'à 2005, indice corrigé et erreur standard (adapté de Gosselin et coll., 2007). La population n'aurait connu qu'une légère hausse, tendance qui est statistiquement non significative, passant d'environ 900 individus en 1988 à un peu plus de 1 200, en 2005.

Depuis 1982, un programme de récupération des carcasses permet le suivi des causes de mortalité des bélugas du Saint-Laurent. Ce programme constitue une collaboration entre le MPO, Parcs Canada, l'Institut national d'écotoxicologie du Saint-Laurent (INESL), la faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal et d'autres partenaires (voir Mesures, 2007a pour la liste des publications). Il permet l'organisation lorsque c'est possible du transport des carcasses signalées, de la collecte de données sur l'individu ainsi que d'échantillons de différents tissus.

Entre 1983 et 2008, selon la banque de données du Centre canadien coopératif de la santé de la faune, 389 bélugas ont été retrouvés le long du Saint-Laurent, soit entre 9 et 24 carcasses par année pour une moyenne de 15. L'âge des bélugas retrouvés a été estimé sur 296 carcasses : 9 % des individus étaient des veaux (individus de moins d'un an), 12 % des individus étaient des juvéniles (entre un an et l'âge d'atteinte de la maturité sexuelle, 10 ou 14 ans) et 79 % des individus des adultes (plus de 10 ou 14 ans). L'âge moyen des bélugas échoués est estimé à 34 ans. Le nombre d'individus morts est plus important chez les bélugas âgés entre 41 et 50 ans. De plus, la carcasse d'un béluga âgé de plus de 80 ans a été retrouvée (Yves Morin, MPO, données non-publiées). Toutefois, il est probable que la mortalité des animaux en bas âge soit plus élevée que celle suggérée par les échouages étant donné que les carcasses de juvéniles de couleur brun-gris sont plus difficile à détecter sur les berges et ont une moins bonne flottabilité (Mesures, 2007a). Néanmoins, il n'y a pas eu de changement dans la distribution des classes d'âge des

animaux échoués au fil des ans et une grande proportion des individus sont des adultes (Kingsley, 2002). De plus, l'âge moyen à la mort et l'espérance de vie à la maturité semblent tous deux raisonnablement élevés et rien n'indique l'occurrence de mortalité de masse ou de mortalité inhabituelle d'animaux en pleine phase de reproduction (Lesage et Kingsley, 1998; Kingsley, 1999).

En ce qui concerne la production de jeunes, Béland et coll. (1988) ont calculé que la proportion d'individus immatures gris (excluant les jeunes de l'année) devait être de 28 à 30 % pour que la population de bélugas du Saint-Laurent soit en croissance et puisse donc se rétablir. Les dénombrements de bélugas gris à partir des photographies aériennes, tout comme la proportion de juvéniles dénombrés pendant un relevé par bateau semblent indiquer que la proportion de juvéniles serait normale, soit approximativement 30 % de la population (Michaud, 1993b; Desrosiers, 1994; Kingsley, 1996, 2002) et assez élevée pour permettre le rétablissement de la population. Le nombre de veaux dénombrés lors des survols aériens est de l'ordre de 8 % du nombre total des animaux dénombrés mais varie considérablement entre les inventaires (de 2 à 16 %), ce qui peut refléter une variabilité dans la production de nouveau-nés chez les bélugas du Saint-Laurent ou simplement la difficulté de détecter les veaux au flanc des femelles à partir de plates-formes aériennes (Kingsley, 1993, 1996; Hammill et coll., 2007). L'analyse du taux de reproduction à partir des carcasses suggère un taux légèrement en-dessous de celui auquel on pourrait s'attendre pour une espèce ayant un cycle de reproduction de trois ans, mais ces estimations peuvent être biaisés par la nature des échantillons (Béland et coll., 1993).

Rien dans l'ensemble des observations recueillies n'indique donc un taux de mortalité excessif chez les adultes ou encore un déficit important dans le nombre de veaux produits (Lesage et Kingsley, 1998; Hammill et coll., 2007). Hammill et coll. (2007) ont émis l'hypothèse que l'absence de rétablissement de la population de bélugas du Saint-Laurent depuis l'arrêt de la chasse serait due à un problème de recrutement venant d'une mortalité élevée des juvéniles. De meilleures estimations des taux de mortalité et de reproduction devront cependant être obtenues avant de pouvoir confirmer cette hypothèse.

1.4 Besoins du béluga, population de l'estuaire du Saint-Laurent

1.4.1 Biologie et besoins en matière d'habitat

Paramètres reproducteurs et biologiques

Dans l'estuaire du Saint-Laurent, l'accouplement a vraisemblablement lieu entre avril et juin (Vladykov, 1944) et la femelle donne naissance entre juin et août (Béland et coll., 1990; Béland et coll., 1992) à un seul veau après une gestation d'environ 14,5 mois. La durée de lactation est estimée à entre 20 et 32 mois (Brodie, 1971; Sergeant, 1973; Seaman et Burns, 1981). Ainsi, une femelle donnerait, en moyenne, naissance à un veau tous les trois ans ce qui inclut une période de chevauchement plus ou moins longue entre la lactation et la gestation.

L'âge des bélugas est déterminé en comptant les groupes de couches de croissance qui se forment sur les dents. Récemment, il a été démontré, grâce à la datation au radiocarbone provenant d'essais nucléaires, que les groupes de couches de croissance se forment au rythme

d'un par année et non de deux par année comme on le croyait par le passé (Stewart et coll., 2006; Lockyer et coll., 2007; Luque et coll., 2007). Ainsi, les femelles atteindraient la maturité sexuelle entre 8 et 14 ans et les mâles un peu plus tard entre 12 ou 14 ans (Brodie, 1971; Sergeant, 1973; Heide-Jørgensen et Teilmann, 1994). La longévité est estimée à entre 30 et 60 ans, voire supérieure à 80 ans, mais l'usure des dents, l'arrêt de la croissance ou la perte des dents rendent difficile ou impossible la détermination de la longévité maximale (Lesage et Kingsley, 1995; MPO, 2005b). Les femelles pourraient probablement se reproduire jusqu'à la limite de la longévité, même si le taux de gestation semble diminuer chez les vieilles femelles (Burns et Seaman, 1985). À noter que McAlpine et coll. (1999) ont découvert la carcasse d'une femelle béluga de la population de l'estuaire du Saint-Laurent âgée d'au moins 68 ans, qui montrait des signes d'une activité de reproduction récente et qui était au dernier stade de lactation.

Habitat

Le béluga est une espèce typique des eaux froides. L'hiver, sa répartition est associée aux zones de glaces où persistent des zones d'eau libre (Barber et coll., 2001). L'été, les bélugas se concentrent avec fidélité dans certains estuaires (Fraker et coll., 1979; Finley, 1982). Dans l'estuaire du Saint-Laurent, le béluga fréquente certains secteurs plus régulièrement (Pippard et Malcolm, 1978; Michaud, 1993a; Lemieux-Lefebvre, 2009).

Les bélugas de l'estuaire du Saint-Laurent se regroupent l'été en troupeaux qui se distinguent en fonction de l'âge et du sexe (Sergeant, 1986; Michaud, 1993a, 1996). Des groupes d'adultes accompagnés de juvéniles, utilisent surtout la partie amont de l'aire de répartition estivale, c'est-à-dire les eaux saumâtres et relativement chaudes de l'estuaire moyen et du fjord du Saguenay (Michaud, 1993a). En plus des régimes de salinité et de température différents qui caractérisent ces deux segments de l'estuaire, des différences importantes dans plusieurs paramètres structuraux tels que la largeur totale, la présence de nombreuses îles, les configurations bathymétriques et un régime de courants complexes contribuent à créer une mosaïque de milieux très variés (Michaud, 1993a). Malgré la faible proportion des effectifs observée à chaque recensement (en moyenne moins de 5 %) dans la rivière Saguenay, sa fréquentation régulière par les bélugas durant l'été lui confère une importance particulière (Michaud, 1993a; Chadenet, 1997; Gosselin et coll., 2007). Des groupes d'adultes seulement, quant à eux, fréquentent davantage les secteurs centre et aval de l'aire de répartition estivale, c'est-à-dire les eaux froides, profondes et plus salées de l'estuaire maritime (Michaud, 1993a). Michaud (1993a) décrit plus précisément la répartition estivale des bélugas selon le type de troupeau, défini en fonction du pourcentage de juvéniles présents (figure 6).

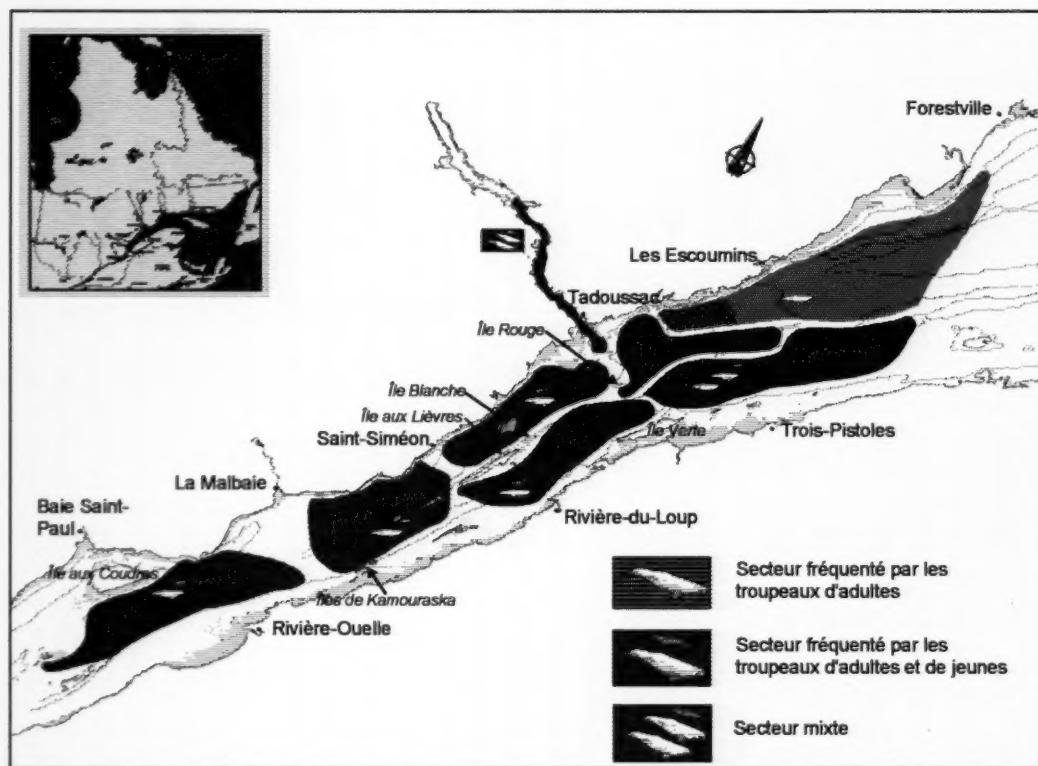


Figure 6. Répartition estivale des trois types de troupes de béluga du Saint-Laurent (adapté de Michaud, 1993a). Les troupes d'adultes et de jeunes se retrouvent autour de l'île aux Coudres, des îles de Kamouraska, de Rivière-du-Loup et de Saint-Siméon. Les troupes d'adultes seulement se retrouvent dans le chenal laurentien, au large des Escoumins. Les troupes mixtes se retrouvent dans la rivière Saguenay, la tête du chenal laurentien et la portion sud de l'estuaire. En médaillon, la localisation du secteur au Québec.

Alimentation

Dans la chaîne trophique, le béluga est un prédateur qui se situe au même niveau que certains phoques, certains oiseaux marins, d'autres cétacés et les pêcheurs commerciaux (Lesage et coll., 2001). Son régime alimentaire se compose d'une cinquantaine d'espèces de poissons et d'invertébrés (Vladykov, 1946; Kleinenberg et coll., 1964; COSEPAC, 2004). Vladykov (1946) fut le premier à documenter le régime alimentaire du béluga par l'analyse de 165 contenus stomacaux. Il a identifié principalement : le capelan (*Mallotus villosus*), le lançon d'Amérique (*Ammodytes americanus*), la morue franche (*Gadus morhua*), l'ogac (*G. ogac*), les polychètes (*Nereis* sp.) et les céphalopodes dont le calmar (*Illex illecebrosus*). L'auteur n'a trouvé aucune trace d'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) ou d'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*) dans les échantillons, mais des cas de prédation sur ces deux espèces lui ont été rapportés. Plus récemment, des observations de béluga en train de s'alimenter ou des analyses de contenus stomacaux ont permis de démontrer que le béluga s'alimente aussi d'anguilles d'Amérique, de harengs (*Clupea harengus*) ainsi que de poulamons Atlantique (*Microgadus tomcod*) et d'éperlans arc-en-ciel (Bédard et Michaud, 1995; Bédard et coll., 1997).

Deux méthodes scientifiques récentes utilisant des biomarqueurs, tels les isotopes stables du

muscle et les acides gras de la couche de lard sous-cutanée, ont permis de préciser le niveau trophique du béluga par rapport à ses compétiteurs (Lesage et coll., 2001; Nozères, 2006). Les chercheurs ont observé que le béluga se situe à un niveau intermédiaire et que les mâles et les femelles béluga n'occupent pas le même niveau trophique, les femelles se trouvant à un niveau trophique inférieur à celui des mâles. Cette distinction pourrait s'expliquer par une différence pour ce qui est de la consommation d'organismes benthiques et une ségrégation des sexes dans différents types d'habitat, les femelles s'alimentant dans des eaux plus estuariennes, moins salines, que les mâles.

Kastelein et coll. (1994) ont étudié l'alimentation chez des bélugas en captivité. Ils ont déterminé qu'un jeune béluga de 200 kg mangerait l'équivalent d'environ 4,5 % de sa masse corporelle par jour, alors qu'un béluga adulte de 1 400 kg consommerait l'équivalent de 1,2 % de son poids par jour à des températures variant entre 10° et 12° C. Ainsi, une femelle adulte d'environ 600 à 700 kg en liberté devrait consommer environ 4 900 kg de poisson annuellement. Kingsley (2002) estime qu'une population de bélugas d'environ 1 240 individus consommant 2 % de leur masse corporelle devrait consommer annuellement 4 500 tonnes de nourriture. Pour le moment, il n'est pas possible de déterminer la quantité de nourriture disponible pour les bélugas dans l'estuaire du Saint-Laurent, puisqu'on connaît mal leur diète et qu'il n'existe pas d'estimation de la quantité totale de proies.

1.4.2 Rôle écologique et valeur anthropique

Le béluga fait partie du réseau trophique de l'estuaire du Saint-Laurent. C'est un prédateur de niveau trophique supérieur et une proie potentielle des épaulards (*Orcinus orca*) et de certaines espèces de requins, dont le requin du Groenland. Si on prend en considération le changement de la taille de la population depuis les années 1930, leur rôle écologique a vraisemblablement diminué au fil du temps (MPO, 2005a; Lawson et coll., 2006).

Dans les années 1970, la situation précaire du béluga a grandement contribué à conscientiser la population à la contamination du Saint-Laurent et du Saguenay et à la sensibiliser à la présence de richesses marines à protéger (Ménard et coll., 2007). Le béluga est devenu un symbole canadien de la faune menacée par la surexploitation des ressources naturelles et l'industrialisation. Sa présence dans une région située relativement au sud et facilement accessible pour les observateurs de baleines, les écologistes et les scientifiques a permis d'en faire l'objet d'une attention considérable. De plus, les hauts niveaux de contaminants observés chez les bélugas ont permis de mettre en évidence la problématique de la bioaccumulation des produits toxiques présents dans le fleuve Saint-Laurent (MPO et WWF, 1995). Par conséquent, le béluga est devenu un indicateur de la qualité de l'environnement (et donc de la santé humaine, Mesures, 2007a) et a sensibilisé les gens à l'importance de restaurer l'écosystème du Saint-Laurent (MPO et WWF, 1995; Ménard et coll., 2007). Récemment, une étude a été menée auprès de Canadiennes et Canadiens afin de vérifier les bénéfices économiques que représente le rétablissement des mammifères marins dans l'estuaire du Saint-Laurent. Cette recherche a montré que les citoyens canadiens se soucient de la protection des mammifères marins et qu'ils souhaitent que le Canada dépense davantage pour la protection des bélugas du Saint-Laurent, notamment par l'établissement de la zone de protection marine Estuaire du Saint-Laurent (Olar et coll., 2007).

1.4.3 Facteurs limitatifs

Le béluga se caractérise par une espérance de vie relativement longue, une maturation tardive et un faible taux annuel de reproduction. Du fait de ces spécificités, s'il advenait une mortalité importante, le retour de la population au niveau actuel serait très long, en comparaison d'autres espèces ayant un temps de génération plus court.

La chasse menée dans le passé a réduit considérablement la taille de la population à tel point qu'elle a atteint un goulot d'étranglement génétique (Reeves et Mitchell, 1984; Patenaude et coll., 1994; Murray et coll., 1999). Le nombre d'individus matures est estimé à 660, soit 60 % de la population totale estimée, elle, à 1 100 individus (MPO, 2005a), ce qui est inférieur au nombre minimal de 1 000 individus matures déterminé par le COSEPAC pour maintenir la diversité génétique intacte. Les populations ayant été fortement réduites peuvent perdre leur diversité génétique de deux manières, soit par la perte aléatoire d'allèles, qu'on nomme la dérive génétique, soit par la reproduction entre individus apparentés, la consanguinité. Si on la compare à celle des autres populations canadiennes, la diversité génétique du béluga du Saint-Laurent est réduite, ce qui semble indiquer que l'un ou que ces deux facteurs influencent les caractéristiques génétiques de cette population (Patenaude et coll., 1994; Mancuso, 1995; Murray et coll., 1999; de March et Postma, 2003). De plus, puisque les bélugas du Saint-Laurent semblent isolés des populations plus nordiques, le « sauvetage génétique » par les autres populations est improbable (Pippard, 1985b; Sergeant et Hoek, 1988; Lesage et Kingsley, 1998).

Une diversité génétique faible peut limiter le rétablissement d'une espèce en réduisant le taux de reproduction, en augmentant le taux de mortalité, ou les deux. Le taux de reproduction peut diminuer lorsque l'accouplement s'effectue entre des individus génétiquement similaires, augmentant ainsi le risque d'un échec de la fertilisation ou de la perte du fœtus (p. ex. Knapp et coll., 1996). Les bélugas ayant une diversité génétique réduite pourraient avoir un système immunitaire moins efficace et être plus susceptibles aux agents pathogènes et aux produits chimiques tel qu'il a été démontré chez d'autres espèces (p. ex., Paterson et coll., 1998; Siddle et coll., 2007). La diversité génétique de la population de béluga du Saint-Laurent, réduite par rapport aux populations de l'Arctique, pourrait être impliquée dans l'absence de son rétablissement.

En 1995, lors de la rédaction du premier plan de rétablissement du béluga du Saint-Laurent, les membres de l'équipe de rétablissement se sont questionnés sur la possibilité d'importer des bélugas de l'Arctique dans le Saint-Laurent pour augmenter la diversité génétique. Ils ont conclu que les facteurs démographiques et écologiques étaient plus préoccupants pour la population de bélugas du Saint-Laurent que les facteurs génétiques. De plus, l'importation de bélugas de l'Arctique comporterait des risques, par exemple l'introduction de nouvelles maladies, dépassant les avantages que l'on pourrait en retirer. L'équipe de rétablissement actuelle est en accord avec ces conclusions.

Des facteurs d'origine naturelle peuvent causer la perte de quelques individus et donc contribuer à limiter le rétablissement de la population de bélugas. L'épaulard est un prédateur naturel du béluga (Heide-Jørgensen, 1988). Aucun cas de prédation sur les bélugas n'a été observé dans l'estuaire du Saint-Laurent dans les dernières décennies. La prédation ne semble pas être un facteur important limitant le rétablissement du béluga du Saint-Laurent. Les bélugas peuvent se

retrouver prisonniers des glaces, incapables de nager pour retrouver l'eau libre. Bien qu'aucun cas n'ait été rapporté pour la population de bélugas du Saint-Laurent, cette menace peut causer la mort de plusieurs dizaines d'individus chez les populations plus nordiques. Les bélugas peuvent aussi se retrouver piégés dans une rivière ou un autre endroit exigu et être incapables de retourner à la mer par leurs propres moyens. Chaque année quelques bélugas migrent hors de leur aire de répartition, parfois jusque dans la région du New Jersey (Reeves et Katona, 1980; Michaud et coll., 1990). La perte annuelle d'effectif par l'émigration pourrait être de l'ordre d'un à trois individus, ce qui a des effets cumulatifs négatifs à long terme pour la population (Sergeant et Hoek, 1988; Hammill et coll., 2007). À l'heure actuelle, il n'est pas possible de déterminer si ces bélugas errants finissent par regagner le Saint-Laurent.

1.5 Menaces

1.5.1 Causes de mortalité des bélugas du Saint-Laurent

Une menace est un facteur, naturel ou anthropique, qui affecte ou peut affecter le rétablissement de la population de bélugas du Saint-Laurent. L'étude des causes de mortalité est utile pour cerner et mieux comprendre les menaces qui pèsent sur cette population. Selon les données tirées du programme de suivi des carcasses, les maladies infectieuses d'origine parasitaire ou bactérienne sont les causes de mortalité les plus fréquentes chez les bélugas nécropsiés, soit respectivement 20,0 % et 17,7 % (tableau 1). Certaines maladies seront analysées plus en détails dans la section *Épizooties*.

Tableau 1. Causes de mortalité des bélugas du Saint-Laurent échoués et nécropsiés de 1983 à 2006 (n=175)
(Banque de données du Centre canadien coopératif de la santé de la faune).

Causes de mortalité	Groupe d'âge			TOTAL Nombre (pourcentage)
	Veaux	Juveniles	Adultes	
	Nombre (pourcentage)	Nombre (pourcentage)	Nombre (pourcentage)	
Dystocie (accouchement difficile)	10 (67 %)	0 (0 %)	4 (3 %)	14 (8 %)
Infection bactérienne	2 (13 %)	2 (9,5 %)	27 (19,4 %)	31 (17,7 %)
Infection parasitique	2 (13 %)	14 (66,7 %)	19 (13,6 %)	35 (20 %)
Traumatisme	0 (0 %)	0 (0 %)	10 (7 %)	10 (5,7 %)
Tumeur	0 (0 %)	0 (0 %)	28 (20 %)	28 (16 %)
Inconnue	0 (0 %)	4 (19 %)	42 (30 %)	46 (26,3 %)
Autre	1 (7 %)	1 (4,8 %)	9 (7 %)	11 (6,3 %)
Nombre total de carcasses	15	21	139	175

Les nécropsies pratiquées ont également démontré la présence d'une ou de plusieurs tumeurs malignes terminales (cancer) chez 20 % des 139 adultes examinés entre 1983 et 2006. L'exposition à un ou plusieurs cancérigènes et une résistance plus faible à la croissance tumorale (à cause d'agents infectieux tels que des virus et des bactéries ou d'une prédisposition génétique) ont été suggérées comme facteurs pouvant avoir favorisé la formation de ces tumeurs (De Guise, 1998; Martineau et coll., 1999; Martineau et coll., 2002a; Martineau et coll., 2002c; Mesures, 2007a). La section *Contaminants* et l'annexe 2 examinent les cancérigènes plus en détail. Les cas de cancer se retrouvent plus souvent chez les animaux plus âgés (Martineau et coll., 2002a; Lair, 2007; Mesures, 2008).

Des lésions traumatiques (par exemple, fracture des vertèbres, laceration profonde de la peau et des organes), probablement causées par des navires, ont été observées dans 5,7 % des cas (tableau 1). La section *Collision avec les navires* donne plus de détails.

1.5.2 Classification des menaces

Selon le dernier rapport de situation du COSEPAC (2004), la population de bélugas de l'estuaire du Saint-Laurent, grandement réduite par la chasse, interdite en 1979, serait menacée par :

- 1) l'industrialisation et la pollution qui pourraient être responsables des maladies chroniques comme le cancer observé chez les animaux échoués;
- 2) le petit effectif et la faible diversité génétique de cette population (consanguinité) qui pourraient avoir un effet sur le taux de reproduction;
- 3) la perte et la perturbation de l'habitat, notamment par le bruit anthropique, causé entre autres par la navigation commerciale et les activités d'observation des mammifères marins;
- 4) la concurrence pour les ressources alimentaires par les pêcheurs commerciaux et d'autres populations croissantes de mammifères marins telles que certaines espèces de phoques.

Le béluga du Saint-Laurent vit en aval des Grands Lacs et du Saint-Laurent fluvial, soit au cœur d'une région densément peuplée et très industrialisée du Canada et des États-Unis. Bien que l'absence de rétablissement du béluga du Saint-Laurent n'ait pu être directement liée à aucun facteur, il est indéniable que cette population se trouve dans un écosystème fortement pollué situé au sein d'une voie de navigation commerciale très fréquentée. Elle est ainsi exposée à plusieurs activités humaines qui peuvent causer la mort directement, telles que les collisions avec des navires et l'empêchement dans les engins de pêche, ou indirectement : c'est le cas avec la présence de contaminants qui peuvent augmenter les cas de maladies chroniques comme le cancer, diminuer l'efficacité du système immunitaire et augmenter la susceptibilité aux agents pathogènes. La petite taille de la population et son isolement géographique accroissent les risques d'extinction.

Ainsi, dix menaces pouvant limiter l'accroissement de cette population ont été déterminées pour l'élaboration de ce programme (tableau 2). Quatre sont applicables à l'échelle de la population : ce sont les contaminants, le dérangement anthropique, la réduction de l'abondance, de la disponibilité et de la qualité des proies et les autres dégradations de l'habitat. Trois menaces peuvent perturber ou causer la mort de quelques individus annuellement : les collisions avec les

bateaux, l'empêchement dans les engins de pêche et les activités scientifiques. Trois autres menaces peuvent limiter le rétablissement du béluga du Saint-Laurent lorsqu'elles se produisent : le déversement de produits toxiques, les efflorescences d'algues toxiques et les épizooties. À cette liste s'ajoute une menace historique : la chasse. Cette liste est établie sur la base des connaissances actuelles, qui sont encore limitées et pourraient changer selon l'évolution des connaissances et du contexte.

Tableau 2. Synthèse des menaces au rétablissement du béluga du Saint-Laurent

Nom de la menace	Étendue	Occurrence	Fréquence	Certitude causale	Gravité	Niveau de préoccupation
Chasse et harcèlement	Généralisée	Historique	Nulle	Élevée	Élevée historiquement	Nul
Contaminants	Généralisée	Courante	Continue	Moyenne	Élevée	Élevé
Dérangement anthropique	Localisée	Courante	Saisonnière	Moyenne	Élevée	Élevé
Réduction de l'abondance, de la qualité et de la disponibilité des proies	Généralisée	Imminente	Continue	Faible	Modérée	Élevé
Autres dégradations de l'habitat	Localisée	Courante	Continue	Élevée	Élevée	Élevé
Collisions avec les bateaux	Localisée	Courante	Récurrente	Moyenne	Modérée	Modéré
Empêchements dans les engins de pêche	Localisée	Courante	Saisonnière	Moyenne	Modérée	Modéré
Activités scientifiques	Localisée	Courante	Saisonnière	Élevée	Faible	Faible
Déversement de produits toxiques	Généralisée	Anticipée	Récurrente	Moyenne	Faible à élevée	Modéré
Efflorescence d'algues toxiques	Localisée	Anticipée	Récurrente	Moyenne	Modérée à élevée	Modéré
Épizootie	Généralisée	Anticipée	Récurrente	Moyenne	Faible à élevée	Modéré

Du fait de la petite taille de la population, même les activités qui affectent un faible nombre d'individus pourraient avoir une incidence grave sur l'état général de la population. Il est également important de tenir compte de l'effet cumulatif ou même synergique de ces menaces sur la population de bélugas du Saint-Laurent. De plus, les changements climatiques auront très certainement une influence sur l'impact des menaces identifiées en plus d'affecter l'habitat du béluga. Le béluga est fondamentalement une espèce arctique enclavée dans un milieu boréal. Ce sont les conditions semi-arctiques de l'estuaire qui ont permis le maintien de cette population depuis son isolement il y a environ 8 000 ans.

Le réchauffement climatique, qui se déroule d'ailleurs à un rythme plus rapide que ce qui avait été prévu, devrait entraîner une augmentation de la température moyenne de 1,5° C à 5,5° C d'ici 2050 dans le centre et le sud du Québec (Bourque et Simonet, 2008). Entre 1960 et 2003, un réchauffement du climat, entre 0,4° C et 2,2° C, a été constaté dans plusieurs régions du Québec méridional (Yagouti et coll., 2006). Bien que l'est du Québec ait connu un réchauffement moins marqué que l'ouest, l'impact du réchauffement sur l'amont du bassin du fleuve Saint-Laurent et dans le nord du Québec et l'Arctique devrait se ressentir jusque dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent.

Les changements climatiques ne sont pas considérés comme une menace en tant que telle, mais plutôt comme un facteur pouvant influencer l'impact des autres menaces. L'interaction entre les changements climatiques et chaque menace sera étudiée ci-dessous, le cas échéant.

1.5.3 Description des menaces

Menace historique

1) Chasse et harcèlement

La chasse est considérée comme le facteur principal responsable du déclin de la population de bélugas du Saint-Laurent, estimée à plusieurs milliers d'individus à la fin du 19^e siècle (Vladykov, 1944; Reeves et Mitchell, 1984; Hammill et coll., 2007). La chasse commerciale a débuté dans les années 1600 et s'est poursuivie de façon presque ininterrompue jusqu'aux années 1950. De 1880 à 1950, période la plus intense de la chasse, cette activité a fait disparaître près de 15 000 bélugas (Reeves et Mitchell, 1984). Dans les années 1920, les bélugas étaient considérés comme des compétiteurs par les pêcheurs commerciaux; le gouvernement du Québec offrait alors une prime de 15 \$ pour chaque animal tué et subventionnait l'utilisation de bombes pour déplacer les individus qui se trouvaient dans les zones de pêche (Anon., 1928; Grenfell, 1934; Scharrer, 1983). La chasse sportive et la chasse de subsistance se sont poursuivies jusque dans les années 1970. Devant le déclin marqué de la population de bélugas et le rétrécissement de son aire de répartition, la chasse a été officiellement interdite en 1979 en vertu de la *Loi fédérale sur les pêcheries*. Quelques cas de braconnage ont été rapportés après l'interdiction de la chasse (N. Ménard, Parcs Canada, comm. pers.). L'interdiction de chasse est toujours en vigueur et le braconnage n'est plus considéré comme un problème.

Menaces actuelles affectant la population

Les contaminants, le dérangement anthropique, la réduction de l'abondance, de la disponibilité et de la qualité des proies ainsi que les autres dégradations de l'habitat constituent actuellement les entraves les plus importantes au rétablissement du béluga du Saint-Laurent. Ces menaces touchent l'ensemble de la population et leurs effets sont soit difficilement perceptibles soit détectables.

2) Contaminants

Les sources de contamination du milieu aquatique sont multiples (par exemple, rejets agricoles, industriels et municipaux, navigation, dragage, exploitation gazière et pétrolière, aquaculture) tout comme leurs effets potentiels sur les mammifères marins et leurs proies (Colborn et Smolen, 1996; Aguilar et coll., 2002). Les eaux, les sédiments et les organismes du Saint-Laurent contiennent une grande variété de contaminants. Par conséquent, depuis de nombreuses années, les bélugas du Saint-Laurent sont exposés à de nombreuses substances toxiques (un résumé des principaux types de contaminants est présenté dans l'annexe 2). Les différentes substances toxiques qui gagnent l'estuaire du Saint-Laurent sont présentes dans la colonne d'eau et peuvent être accumulées dans les organismes vivants ou dans les sédiments.

Le béluga occupant un niveau élevé dans la chaîne alimentaire, certains contaminants provenant de sa diète, peuvent se bioamplifier dans son organisme. Ce phénomène implique que les concentrations de certains contaminants persistants augmentent entre chaque niveau de la chaîne alimentaire et que les concentrations dans les tissus des bélugas sont plus élevées que dans ses proies ou dans son milieu (MPO, 2002). La couche épaisse de gras sous-cutané agit comme un réservoir de contaminants persistants. De plus, la grande longévité des bélugas leur permet d'accumuler les contaminants sur une longue période. Enfin, les données historiques montrent que les bélugas se nourrissent vraisemblablement en partie de proies benthiques³, plus susceptibles d'être contaminées par les polluants accumulés dans les sédiments. Ils sont donc particulièrement susceptibles de subir les effets d'une contamination à long terme. Ils sont également exposés à des contaminants qui ne s'accumulent pas dans leurs tissus mais qui peuvent avoir un effet sur leur santé.

Même après une interdiction d'utilisation ou une réduction des émissions, plusieurs contaminants peuvent persister dans l'environnement pendant des décennies. Une tendance à la baisse des niveaux de concentration de certains contaminants a toutefois été observée, notamment pour le dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT) et les biphényles polychlorés (BPC) (Lebeuf et coll., 2007; Lebeuf, 2009). D'autres composés considérés comme des contaminants ne sont pas réglementés ou leur réglementation est récente. Par exemple, l'usage des polybromés diphenyléthers (PBDE) et leur concentration dans les tissus des bélugas et dans l'environnement ont augmenté de façon exponentielle au cours des années 1990 (De Wit, 2002; Lebeuf et coll., 2004).

Globalement, les contaminants sont susceptibles d'altérer de façon importante les fonctions endocriniennes, reproductrices, immunitaires et neurologiques des espèces animales (Martineau et coll., 1987; Béland et coll., 1993; Colborn et coll., 1993). Certains auteurs soupçonnent les contaminants de jouer un rôle dans la prévalence élevée des cas de cancer et de certaines pathologies chez les bélugas du Saint-Laurent (Martineau et coll., 1999; Martineau et coll., 2002a; Lair, 2007) ainsi que dans l'altération du système reproducteur (Martineau et coll., 1988; Béland et coll., 1992; Béland et coll., 1993; De Guise et coll., 1995; De Guise et coll., 1996; Martineau et coll., 2002a; Martineau et coll., 2003). Entre 1983 et 2006, 16 % des 175 bélugas

³ Les animaux benthiques vivent sur les sédiments du fond marin.

du Saint-Laurent échoués et examinés présentaient une ou plusieurs tumeurs cancéreuses terminales (tableau 1).

Malheureusement, les études toxicologiques sur les bélugas et les possibilités d'établir des relations de cause à effet sont très limitées par la difficulté posée par l'échantillonnage de tissus frais et la conduite de travaux expérimentaux. Bien que les seuils critiques auxquels ces contaminants se révèlent toxiques chez les bélugas soient inconnus, certains seuils ont été établis pour d'autres espèces de mammifères marins tel que le phoque commun (Ross et coll., 1996). D'autre part, l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs, ratifié par le Canada et les États-Unis, a établi des seuils maximaux de concentrations de composés organochlorés et de mercure dans les proies pour protéger la santé des oiseaux et mammifères piscivores (CMI, 1978). Les concentrations de BPC et de mercure chez certaines proies potentielles du béluga ont diminué au cours des dernières décennies, mais sont encore au dessus du seuil de protection des prédateurs (Couillard, 2009). Pour plus de détails sur chaque groupe de contaminants voir l'annexe 2.

Il est important de considérer l'effet synergique entre les différents contaminants qui risque d'augmenter la toxicité de ces produits. Par exemple, De Guise et coll. (1998) ont démontré qu'il y avait une baisse de la prolifération des splénocytes de béluga (cellules qui ont un rôle dans le système immunitaire) exposées *in vitro* à certains mélanges de congénères de BPC, alors que ces mêmes congénères pris individuellement et aux mêmes concentrations n'avaient pas d'effet notable. Eriksson et coll. (2006) ont démontré que les BPC et les PBDE ont des effets cumulatifs sur le comportement des souris. Il peut exister également une interaction entre les contaminants et les autres facteurs environnementaux (revue dans Couillard et coll., 2008a; Couillard et coll., 2008b). Par exemple, une diminution de la quantité de proies à un moment critique de l'année, pourrait entraîner une mobilisation des contaminants accumulés dans le gras des bélugas et augmenter le risque d'effets toxiques. L'effet des contaminants pourrait également être amplifié par les changements climatiques ou les agents pathogènes. Les modifications de température, de pH et de salinité résultant des changements climatiques peuvent affecter la toxicité et la biodisponibilité des contaminants (revue dans Schiedek et coll., 2007).

En somme, la contamination des bélugas du Saint-Laurent constitue encore une menace sérieuse au rétablissement de l'espèce. Malgré la réduction des rejets de certains produits toxiques, les concentrations de contaminants dans les tissus des bélugas ne baissent que très lentement. De plus, de nouveaux contaminants persistants ont été introduits dans le milieu aquatique et s'accumulent dans les tissus des bélugas (voir annexe 2). Les bélugas pourraient donc être affectés par les contaminants pendant encore plusieurs décennies. Les juvéniles et les adultes continuent d'être exposés par le biais de leur alimentation, tandis que les veaux reçoivent des doses élevées par transfert de leur mère ce qui entrave le processus de décontamination du béluga. Étant donné que certaines pathologies associées aux contaminants prennent plusieurs années à se développer (15 à 25 ans), il est justifié de s'inquiéter des effets de la contamination passée du milieu sur l'état de santé des animaux vivant actuellement. De plus, si les contaminants venaient à affecter le système reproducteur des bélugas, ils pourraient alors réduire le taux de croissance déjà faible de cette population.

3) Dérangement anthropique

Trafic maritime et activités d'observation en mer

Pour survivre et se reproduire, une baleine doit se reposer, chercher de la nourriture, s'alimenter, éviter les prédateurs, communiquer et socialiser avec ses congénères, s'accoupler et prendre soin de son baleineau. La perturbation d'un animal se livrant à ces activités l'empêche d'accomplir ses fonctions vitales, ce qui peut compromettre sa survie (Kraus et coll., 2005; Bejder et coll., 2006b; Williams et coll., 2006). Si la perturbation est récurrente et touche plusieurs individus, c'est la survie de la population qui peut être remise en cause. La navigation est source de dérangement en raison de la présence des embarcations dans l'habitat des bélugas et du bruit qu'elle génère. Les activités d'observations en mer (AOM) et la circulation maritime sont des sources potentielles de dérangement pour les bélugas du Saint-Laurent (Lesage et Kingsley, 1995; MPO et WWF, 1995; Lien, 2001). L'estuaire du Saint-Laurent est une voie de circulation maritime très importante où se déroulent également des AOM intenses en période estivale. Cette industrie a connu une expansion fulgurante depuis le début des années 1980, et ce, dans des habitats importants pour le béluga (Ménard et coll., 2007). À noter que les collisions avec les navires sont traitées à la sixième menace, *Collision avec les navires*.

Tous les navires en provenance ou à destination du tronçon fluvial et des Grands Lacs circulent sur la voie maritime du Saint-Laurent ce qui en fait un corridor très fréquenté. Différents types de bateaux sillonnent le territoire occupé par les bélugas : vraquiers, navires marchands, traversiers (environ 90 traversées par jour entre Tadoussac et Baie-Sainte-Catherine), brise-glaces, navires d'excursion et de croisière, vedettes de la Garde côtière et de Parcs Canada, bateaux de la Défense nationale et navires de recherche. Les bateaux de plaisance, les canots pneumatiques et les motos marines ajoutent encore à cette circulation. Près de 52 000 voyages de bateaux de tous types ont été dénombrés dans le secteur du PMSSL de mai à octobre 2007 (Chion et coll., 2009). Tous les types de navigation ont le potentiel de déranger le béluga, quoique les plus petits navires, avec une plus grande manœuvrabilité et une vitesse de déplacement plus élevée posent un problème supplémentaire (Lesage et coll., 1999).

Les activités d'observation en mer pratiquées à l'aide de divers types de bateaux, commerciaux ou de plaisance, ou d'aéronefs (avions et hélicoptères) sont susceptibles de déranger les bélugas du Saint-Laurent. Les AOM dans l'estuaire du Saint-Laurent représentent un volet important de l'industrie du tourisme régional (Tecsult Environnement, 2000; Lien, 2001). Une étude sur les activités d'observation en mer publiée en 2001 a démontré que plus de 85 % des excursions ciblant les mammifères marins proposées au Québec chaque année étaient effectuées dans ce secteur (Hoyt, 2001). En 2005, plus d'un million de personnes ont visité le PMSSL et les sites d'observation et d'interprétation autour de cette aire marine protégée (SOM, 2006). Même si les bélugas ne sont généralement pas ciblés par les AOM, le suivi des activités en mer, effectué à partir des bateaux d'excursion, indique que près de 5 % de ces activités les visent entre la mi-juin et septembre (Michaud et coll., 2003). De plus, les AOM sont concentrées dans une zone regroupant environ 50 % de la population de bélugas et fréquentée intensivement par des femelles adultes et leur veau (Michaud, 1993a; Kingsley, 1999; Gosselin et coll., 2007).

Les réactions à une exposition aux bruits ou à d'autres sources de dérangement se manifestent par une modification subtile des comportements de plongée, une interruption brève ou prolongée d'activités normales (repos, alimentation, interaction sociale, soin aux jeunes, vocalise, respiration, plongée) et même l'évitement à court ou long terme des zones perturbées (Richardson et coll., 1995; NRC, 2003; Bejder et coll., 2006a; Weilgart, 2007). La prévisibilité de l'arrivée d'une embarcation, le genre d'approche effectuée, la durée et la fréquence des perturbations, de même que le degré d'activité et le comportement des bélugas au moment des perturbations peuvent influencer leur degré de réaction (pour une revue voir Lesage, 1993). Blane et Jackson (1994) ont observé que les bélugas montraient des comportements d'évitement des bateaux en prolongeant l'intervalle de temps entre les respirations en surface, en augmentant leur vitesse de nage et en se rassemblant en groupe plus serré. Il a été proposé que le délaissement de la baie de Tadoussac et un changement dans les habitudes de déplacement du béluga à l'embouchure du Saguenay aient été reliés à la circulation maritime accrue dans ce secteur (Pippard, 1985a; Caron et Sergeant, 1988). Même si un certain niveau d'habituation peut exister chez les bélugas, comme le laisse croire leur fidélité à certains sites fréquentés (Lesage, 1993), cette fidélité ne fait peut-être qu'illustrer l'importance de ces sites pour l'espèce et la présence de peu de sites alternatifs (Brodie, 1989). Dans l'Atlantique nord-est, on a montré que les cétacés s'éloignent des navires effectuant les levés lorsque les canons à air sont utilisés pendant l'exploration pour le pétrole et le gaz (Stone, 2003). De plus, il a été montré que les activités sismiques ont des effets sur le comportement des odontocètes : modification des routes de migration, de la vitesse de nage, des plongées et de l'alimentation (Stone, 2003). Certains exemples de dérangement causé par des avions volant à basse altitude ont également été signalés dans le Saint-Laurent (Sergeant et Hoek, 1988). Les effets à long terme sur la population d'un changement de comportement en réponse au dérangement sont inconnus, mais ces perturbateurs sont susceptibles de réduire la capacité des bélugas à emmagasiner des réserves énergétiques essentielles pour assurer le succès de la reproduction et la survie pendant les périodes où la nourriture est réduite. Les perturbations menant à la séparation d'une mère et de son veau peuvent avoir des répercussions sur la survie de ce dernier et limiter ainsi le potentiel de croissance de la population. Cette menace est d'autant plus significative dans le cas du béluga du Saint-Laurent que la période de pointe des AOM, donc du bruit et du dérangement dus à la présence des bateaux, est l'été et coïncide avec la période de mise bas et d'élevage des jeunes.

Bruits d'origine anthropique

L'estuaire du Saint-Laurent constitue un milieu aquatique bruyant, ce qui est problématique dans certains secteurs, notamment la tête du chenal Laurentien, située à la confluence du Saguenay et du Saint-Laurent (Scheifele et coll., 1997; Simard et coll., 2006). Les embarcations motorisées produisent du bruit sur une large bande, de quelques Hz à plus de 100 kHz. La fréquence où l'énergie est maximale dépend de la taille du bateau et du type de propulsion. Pour les gros navires marchands qui circulent sur la voie maritime du Saint-Laurent, cette fréquence oscille entre 0,02 et 0,2 kHz, tandis que pour les plus petits bateaux tels que les canots pneumatiques, cette fréquence est plus élevée, de l'ordre de 0,5 à 6 kHz environ (Richardson et coll., 1995; Lesage et coll., 1999; Simard et coll., 2006). Cependant, toutes les embarcations produisent du bruit à des fréquences plus élevées, jusqu'à 100 kHz (Simard et coll., 2006). Les odontocètes produisent trois types de sons : des sifflements, des sons de courte durée utilisés dans les activités d'écholocation et des sons divers comme des cris, des grognements et des aboiements.

Les baleines à dents utilisent ces sons pour s'identifier, pour coordonner les activités de prédation, pour la cohésion sociale, la détection, la localisation et la caractérisation des proies et des obstacles par écholocation (Richardson et coll., 1995). Chez le béluga, les sifflements et les tons pulsés utilisés pour la communication ont principalement une fréquence comprise entre 0,5 et 3,5 kHz, tandis que les clics et tons pulsés utilisés pour l'écholocation sont émis à des fréquences beaucoup plus hautes, soit entre 30 et 60 kHz (Bédard et Simard, 2006).

Le bruit d'origine anthropique a considérablement augmenté dans les océans lors des 50 dernières années, et ce, à l'échelle mondiale. En plus du trafic maritime de toutes sortes, plusieurs activités industrielles et militaires ont contribué à l'augmentation du bruit ambiant (Richardson et coll., 1995; NRC, 2003; Tyack, 2008). Par exemple, l'industrie pétrolière et gazière génère de forts niveaux de bruit dans l'océan, en particulier à l'étape de l'exploration sismique où on enregistre habituellement les plus hauts niveaux de bruit, en comparaison des autres méthodes d'exploration et des étapes d'exploitation de ces ressources (Richardson et coll., 1995).

Cette augmentation du bruit ambiant pourrait être exacerbée par une réduction du pH de l'eau. Les scénarios du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat montrent que le pH des eaux de surface des océans diminuera de 0,3 à l'échelle mondiale d'ici 2050 (Brewer, 1997). Les changements climatiques combinés à l'eutrophisation⁴ ont déjà entraîné une diminution de 0,2 à 0,3 du pH de l'eau profonde de l'estuaire du Saint-Laurent (M. Starr, MPO, données non publiées). Hester et coll. (2008) ont montré qu'une diminution de pH de 0,3 résulterait en une diminution de l'ordre de 40 % de l'absorption du bruit par les masses d'eau pour des fréquences inférieures à 10 kHz. Donc, le bruit d'origine anthropique pourrait se propager sur de plus grandes distances et affecter davantage la communication chez les cétacés dans l'estuaire.

Un des effets importants de l'augmentation des bruits ambiants dans les océans est le phénomène du masquage. Il affecte la probabilité qu'un béluga détecte correctement un son d'écholocation qu'il a produit ou même les signaux envoyés par ses congénères (NRC, 2003). Le potentiel d'un bruit à être entendu dépend de l'intensité et des fréquences auxquelles le bruit est produit, ainsi que des capacités auditives de l'animal (niveaux du seuil d'audition). Les espèces comme le béluga, dont l'ouïe est hautement directionnelle, détiennent des outils additionnels pour réduire le masquage (Erbe et Farmer, 1998; Mooney et coll., 2008). En présence de bateaux, les bélugas réduisent le nombre et la diversité de leurs vocalises, augmentent la durée et l'intensité de certains signaux et répètent les sons plus fréquemment et à des fréquences où l'interférence causée par le bruit de l'embarcation est réduite (Lesage, 1993; Lesage et coll., 1999). De même, une hausse du volume des sons émis ou une cessation de toute activité vocale, en réaction à de hauts niveaux de bruit ambiant, ont été observées chez les bélugas du Saint-Laurent (Lesage et coll., 1999; Scheifele et coll., 2005; Erbe, 2008).

Finalement, les bruits d'origine anthropique peuvent aussi provoquer des modifications temporaires ou permanentes des seuils d'audition, la production d'hormones de stress et des dommages physiques tels que la formation de bulle d'air chez les cétacés suite à une remontée

⁴ Enrichissement excessif des cours d'eau par les nutriments et prolifération de la végétation aquatique et du plancton.

trop rapide pour fuir la source de bruit (phénomène de décompression) et même causer la mort (Ketten et coll., 1993; Crum et Mao, 1996; Evans et England, 2001; Finneran, 2003; Jepson et coll., 2003; NRC, 2003). Le bruit généré par le trafic maritime dans l'estuaire du Saint-Laurent engendre une pollution sonore préoccupante, qui risque d'endommager l'appareil auditif des bélugas, outil essentiel pour communiquer, s'orienter et chasser. De plus, si ces bruits venaient à augmenter le stress au point de devenir chronique, ceci pourrait avoir des répercussions sur plusieurs plans, entre autres la reproduction, le métabolisme, la croissance, les fonctions immunitaires et la susceptibilité à certaines maladies (Lesage, 1993; NRC, 2003; Tyack, 2008). Les oreilles des mammifères marins partagent certaines similarités structurales avec celles d'autres vertébrés (Fay et Popper, 2000) et plusieurs études sur différentes espèces de vertébrés indiquent qu'il est possible que l'exposition à des bruits intenses produits lors des levés sismiques par l'utilisation des canons à air endommage les oreilles des cétacés s'ils ne peuvent éviter la source sonore (revue par Ketten et Potter, 1999; McCauley et coll., 2003; Lawson et McQuinn, 2004; Southall et coll., 2007).

Les effets du trafic maritime sur la population de bélugas du Saint-Laurent restent peu connus. Ailleurs dans le monde, ces effets ont été montrés sur plusieurs populations de cétacés dont des dauphins, des épaulards et des baleines noires de l'Atlantique nord (Kraus et coll., 2005; Bejder et coll., 2006a; Williams et coll., 2006). Ainsi, du fait de l'intensité de la circulation maritime et de l'observation des mammifères marins, ces activités représentent une menace au rétablissement du béluga du Saint-Laurent. Il demeure important de continuer à surveiller l'effet de ces activités anthropiques sur la population et de poursuivre la mise en œuvre des mesures visant à réduire leur impact sur les bélugas.

4) Réduction de l'abondance, de la disponibilité et de la qualité des proies

Diminution de l'abondance des poissons

Le déclin marqué de plusieurs espèces de poissons dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent a eu lieu lors des dernières décennies. Plusieurs facteurs sont mis en cause dans ce déclin notamment la surpêche, la dégradation de l'habitat, la pollution et les obstacles à la migration. À titre d'exemple, dans le Haut Saint-Laurent, l'indice d'abondance des anguilles en montaison au barrage Moses-Saunders indique une diminution de plus de 99 % entre 1980 et 2000 tandis que dans l'estuaire du Saint-Laurent, les prises totales sont passées de 452 tonnes en 1980 à moins de 82 tonnes en 2004 (COSEPAC, 2006). La morue du nord du golfe est passée d'une estimation de 559 millions d'individus en 1980 à 43 millions en 2008 (MPO, 2009b). Le flétan atlantique quant à lui, malgré une augmentation marquée au cours de la dernière décennie, se maintient toujours à un bas niveau si on le compare à celui de la première moitié du 20^e siècle (MPO, 2007). De plus, l'éperlan arc-en-ciel anadrome a vu sa population décroître considérablement au cours des 30 dernières années (Équipe de rétablissement de l'éperlan arc-en-ciel du Québec, 2008). Malgré le régime alimentaire varié des bélugas du Saint-Laurent et leur adaptabilité, les changements dans la composition spécifique des stocks de poisson dans l'estuaire peuvent influencer sur la qualité nutritionnelle et l'apport énergétique des proies disponibles.

Les changements climatiques risquent d'avoir une influence sur l'abondance des poissons dans l'estuaire. On assiste actuellement au refroidissement de masses d'eau du Saint-Laurent, la

couche intermédiaire froide devenant plus épaisse et plus froide (Galbraith et coll., 2008). Des modifications en ce qui concerne l'abondance et la répartition des espèces ont été observées : l'aire de répartition du capelan s'est déplacée vers le sud et l'ouest tandis que le macrozooplancton est moins abondant qu'au début des années 1990 (Harvey et coll., 2005; MPO, 2008). Plusieurs espèces de poissons sont sensibles à la température pour leur survie, la fraie et la croissance (Gilbert et Couillard, 1995; Minns et coll., 1995; Gilbert, 1996; Gilbert et Pettigrew, 1996). La période de migration ainsi que les routes migratoires de plusieurs espèces de poissons dépendent de la température de l'eau (Narayana et coll., 1995). La couverture de glace dans le golfe du Saint-Laurent étant étroitement liée à la température de l'air, les modèles climatiques prévoient que le golfe sera exempt de glace d'ici 50 ans (Dufour et Ouellet, 2007). La modification de la couverture de glace peut avoir des impacts sur la chaîne alimentaire.

Une baisse des volumes d'eau oxygénée provenant du courant du Labrador entrant dans le golfe et l'estuaire du Saint-Laurent, en combinaison avec l'enrichissement de l'estuaire grâce à un apport en nutriment provenant de l'agriculture, des industries et des effluents municipaux, a entraîné une diminution des concentrations d'oxygène dans les eaux profondes de l'estuaire (Gilbert et coll., 2005). L'hypoxie affecte plusieurs estuaires du monde et résulte en général en un changement important de la biodiversité et de la productivité de ces milieux (Diaz, 2001).

Enfin, les tributaires de l'estuaire du Saint-Laurent et les marais côtiers où se trouvent les sites de fraie et de croissance de plusieurs espèces de poissons estuariens ont aussi été pollués et dégradés. Tous ces changements sont susceptibles de modifier l'abondance et la répartition des espèces à tous les niveaux de la chaîne alimentaire, y compris les proies du béluga.

Compétition avec d'autres prédateurs

Le golfe et l'estuaire du Saint-Laurent sont fréquentés par quatre espèces de phoques et 13 espèces de cétacés (8 espèces d'odontocètes et 5 espèces de mysticètes) dont le béluga. Alors que les cétacés autres que le béluga sont des visiteurs entre le printemps et l'automne, les phoques sont soit des résidents comme le phoque gris (*Halichoerus grypus*) et le phoque commun (*Phoca vitulina*), soit des visiteurs hivernaux comme le phoque à capuchon (*Cystophora cristata*) et le phoque du Groenland (*Pagophilus groenlandica*). Au cours des mois d'hiver, l'estuaire et le golfe sont fréquentés par un troupeau de phoques du Groenland pouvant atteindre un million d'individus (Roff et Bowen, 1983; Sergeant, 1991; Hammill et Stenson, 2005) et le golfe a une population résidente d'environ 50 000 phoques gris (Hammill, 2005). Par ailleurs, il est aussi possible que des espèces marines aviaires telles que le petit pingouin (*Alca torda*), le cormoran à aigrettes (*Phalacrocorax auritus*) et les goélands argenté (*Larus argentatus*), à bec cerclé (*L. delawarensis*) et marin (*L. marinus*), qui se retrouvent en grand nombre dans certains secteurs de l'estuaire, entrent en compétition avec les différentes espèces de cétacés (Lesage et Kingsley, 1995).

La répartition des ressources entre les espèces présentes dans le fleuve Saint-Laurent a fait l'objet de quelques études, mais il est difficile d'évaluer l'étendue de la compétition entre ces espèces. Lesage et coll. (2001) ont démontré que les phoques communs et les phoques à capuchon occupent le plus haut niveau de la chaîne alimentaire, que les phoques gris, les phoques du Groenland du golfe et les bélugas mâles se trouvent à un niveau intermédiaire, alors

que les phoques du Groenland de l'estuaire et les bélugas femelles se trouvent à un niveau inférieur. Il est possible que le régime alimentaire diversifié (opportuniste) du béluga du Saint-Laurent, attesté par l'observation d'autres populations de bélugas, le rende moins sensible à la compétition pour les ressources (Vladykov, 1946; Lowry et coll., 1985).

Il se pourrait également qu'à cause des changements climatiques, la saison favorable aux oiseaux marins et aux animaux non adaptés aux conditions de glace du Saint-Laurent s'allonge, ce qui augmenterait la compétition en période hivernale (Kingsley, 2002; Measures et coll., 2004). Le couvert de glace qui détermine en grande partie la répartition des espèces de mammifères marins en période hivernale dans l'estuaire pourrait devenir de moins en moins important (Bourque et Simonet, 2008).

Compétition avec la pêche commerciale

En plus des espèces potentiellement compétitrices, les bélugas partagent partiellement leurs ressources alimentaires avec la pêche commerciale. Suite à la récente chute de certains stocks de poissons de fond, l'intérêt croissant pour l'exploitation de petits poissons pélagiques, notamment le capelan, pourrait venir ajouter à la compétition entre les bélugas et les autres espèces du Saint-Laurent. Les répercussions de la pêche commerciale sur la population de bélugas sont peu connues. Il reste que le capelan représente probablement une espèce clé dans tout le système laurentien, car c'est une proie importante pour plusieurs mammifères marins et espèces d'oiseaux qui passent l'été dans l'estuaire (Ménard, 1998; Grégoire, 2005).

Il convient de noter que dans les carcasses récupérées, aucun cas d'inanition n'a été détecté, à l'exception de deux bélugas morts dans la rivière Saint-Paul en 2001 (Lair, 2007). Il n'y a pas de preuve directe que le rétablissement de la population de bélugas du Saint-Laurent soit limité par la disponibilité de nourriture, mais le déclin des stocks de poissons pourrait avoir un impact négatif sur cette population et pourrait être une menace sérieuse à son rétablissement dans le Saint-Laurent.

5) Autres dégradations de l'habitat

Durant les mois d'été, les bélugas font preuve d'une grande fidélité à l'endroit de leur habitat d'estivage dans l'estuaire ainsi que dans le Saguenay. Cette habitude expose les bélugas aux activités humaines côtières et extracôtières telles que la construction de marinas et de quais, la construction de barrages hydroélectriques et des projets associés à l'industrie touristique en expansion sans compter le dragage. De plus, l'introduction d'espèces exotiques est un autre facteur susceptible de contribuer à la modification et à la dégradation de l'habitat. Certaines modifications de l'habitat peuvent devenir problématiques autant pour ces mammifères que pour leurs ressources alimentaires.

Développement côtier et extracôtier

Construction et dragage

Les projets de développement menés en milieu côtier, tels que la construction d'infrastructures portuaires, de ponts et de routes, sont susceptibles de modifier l'environnement des bélugas, notamment à cause de la pollution sonore ou de la destruction de l'habitat de leurs proies. Des travaux de dragage pour l'entretien de la voie navigable dans le fleuve Saint-Laurent ainsi que pour celui des ports et des marinas, sont réalisés chaque année. Ces travaux, qui servent à maintenir ou augmenter la profondeur et la largeur des voies de navigation, et ceux qui accompagnent certains projets d'infrastructures portuaires, y compris ceux relativement modestes comme les marinas, peuvent remettre en circulation dans la colonne d'eau des contaminants contenus dans les sédiments. La tête du chenal Laurentien est une zone de sédimentation et d'accumulation de polluants persistants provenant du bassin versant des Grands Lacs et du Saint-Laurent (Lebeuf et Nunes, 2005). De plus, un site de dépôt de sédiment de dragage en mer est situé dans un habitat du béluga au large de Cacouna et un autre entre Les Éboulements et l'île aux Coudres. Cependant, la concentration de plusieurs contaminants dans les sédiments de surface que l'on retrouve dans le bassin du Saint-Laurent, particulièrement dans le tronçon fluvial, a diminué dans les dernières décennies grâce à la déposition d'une nouvelle couche de sédiment, moins contaminée (Carignan et coll., 1994; Lebeuf et Nunes, 2005). Chaque projet de dragage impliquant des sédiments contaminés fait l'objet d'une évaluation de l'impact sur l'habitat du poisson selon la *Loi sur les pêches*.

Aménagements hydroélectriques

Des barrages ont été construits sur plusieurs tributaires du Saint-Laurent, dont certains peuvent constituer des obstacles à la migration des poissons tout en altérant certains habitats utilisés par des proies potentielles du béluga. Par exemple, bien qu'une augmentation des montaisons d'anguille ait été observé récemment aux barrages de Beauharnois et de Moses-Saunders (Bernard et Desrochers, 2007), les turbines hydroélectriques de ces barrages sont la cause d'une importante mortalité des anguilles d'Amérique matures en dévalaison (Caron et coll., 2007). Il est possible également que des changements physiques et biologiques (débit, température, salinité, niveaux d'eau, courants) soient apportés par les aménagements hydroélectriques sur l'écosystème estuarien situé en aval. Les effets potentiels de ces changements sur la fréquentation par les bélugas n'ont pas encore été documentés. Ainsi, selon certains auteurs, la construction des barrages hydroélectriques sur les rivières Manicouagan et des Outardes dans les années 1960 aurait causé la désertion des bancs de la Manicouagan par les bélugas (Sergeant et Brodie, 1975; Pippard, 1985a; Caron et Sergeant, 1988). Cependant, d'autres auteurs croient plutôt que cette désertion a été causée par la réduction et la concentration des effectifs suite à la chasse commerciale intensive dans les années 1965-1970 (Reeves et Mitchell, 1984; Michaud et coll., 1990). Par ailleurs, bien qu'aucune étude n'ait encore évalué l'impact sur les mammifères marins de la pollution sonore émanant du développement et la production d'énergie par des turbines marémotrices (ou hydroliennes), cette nouvelle technologie soulève une inquiétude.

Industrie pétrolière et gazière

L'exploration sismique et l'exploitation pétrolière et gazière se réalisent dans de nombreuses régions côtières du globe, entre autres sur la côte est du Canada, à l'est de Terre-Neuve et sur le plateau néo-écossais (Nieukirk et coll., 2004). Cette activité entraîne de forts niveaux de bruit dans l'océan, potentiellement dommageable pour le béluga via le changement de comportement, le masquage des communications entre individus, voire l'impact physique sur l'appareil auditif. C'est lors des recherches sismiques que l'on enregistre habituellement les plus hauts niveaux de bruit, comparativement aux autres étapes d'exploitation de cette ressource (Richardson et coll., 1995). L'opération de plate-formes pétrolières peut de plus entraîner le rejet dans l'environnement de plusieurs substances toxiques dont des métaux, divers phénols alkylés et des boues toxiques (Holdway, 2002; Meier et coll., 2007). L'exploration sismique et l'exploitation pétrolière et gazière est interdite dans l'estuaire du Saint-Laurent. Elle est cependant possible dans le golfe du Saint-Laurent que le béluga est susceptible de fréquenter en hiver.

Introduction d'espèces exotiques

L'introduction d'espèces exotiques envahissantes constitue un enjeu d'envergure mondiale. L'implantation d'espèces exotiques peut modifier la composition des espèces des écosystèmes et de la chaîne trophique. Bien que cette menace n'ait pas été jugée sérieuse jusqu'à maintenant, il est nécessaire d'éviter l'introduction de nouvelles espèces par mesure préventive.

L'eau de lest ou eau de ballast⁵ est l'un des facteurs probables de l'introduction de nombreuses espèces dans les voies maritimes. Les ballasts, la coque et les caissons d'entrée d'eau des navires en provenance de l'étranger qui naviguent dans le Saint-Laurent contiennent divers assemblages d'organismes vivants (y compris des taxons non indigènes, des taxons toxiques ou nuisibles et des taxons qui représentent un risque potentiel) provenant de diverses régions du monde (Gauthier et Steel, 1996; Bourgeois et coll., 2001; Simard et Hardy, 2004). Les espèces exotiques envahissantes qu'on trouve dans le bassin du Saint-Laurent sont principalement des espèces d'eau douce. Cependant, il est envisageable que certaines espèces envahissantes puissent coloniser des milieux aux dépens des proies du béluga.

La réglementation de la Garde côtière américaine, le *Règlement sur le contrôle et la gestion de l'eau de ballast* (2006) de Transports Canada et les lignes directrices canadiennes sur la gestion de l'eau de ballast exigent que tous les navires se rendant dans les ports des Grands Lacs et venant de l'extérieur de la zone économique exclusive échangent leur eau de ballast en mer. Cette réglementation permet de réduire les risques d'introduction d'espèces exotiques dans l'écosystème des Grands Lacs et du Saint-Laurent par les eaux de ballast.

Menaces actuelles affectant un petit nombre d'individus

Cette section regroupe les menaces qui perturbent ou causent la perte de quelques individus par année. Prises individuellement, ces menaces affectent peu d'individus chaque année, mais si

⁵ Afin d'assurer la stabilité des navires, des réservoirs nommés ballasts sont remplis d'eau à un port d'escale pour ensuite être vidangés dans un autre.

elles sont cumulées, elles augmentent le taux de mortalité de cette petite population au recrutement peu élevé.

6) Collision avec les embarcations

L'estuaire du Saint-Laurent est fréquenté par plusieurs types de bateaux, dont le nombre est en constante augmentation et qui sont susceptibles d'entrer en collision avec les bélugas. Les collisions avec les navires peuvent évidemment être fatales pour les bélugas, mais peuvent aussi blesser et ainsi compromettre la survie des individus. D'autant plus que les bélugas font quelquefois preuve de comportements à risque tels que l'approche des embarcations par simple curiosité jusqu'à parfois développer des jeux à proximité de celles-ci (Blane et Jackson, 1994; MPO, 2002).

Les bélugas sont probablement plus à risque de collision avec les embarcations touristiques et de plaisance, qui se déplacent à des vitesses et dans des directions variables. Parcs Canada compile tous les cas de blessures fraîches qui sont signalées depuis 1992 à l'intérieur du PMSSL (Laist et coll., 2001). Depuis l'entrée en vigueur du *Règlement sur les activités en mer dans le parc marin du Saguenay-Saint-Laurent*, il y a obligation de rapporter les collisions. De plus, le programme des carcasses des bélugas a permis de révéler divers types de traumatismes (par exemple, des lacerations cutanées, des hémorragies internes, des fractures) probablement causés par des collisions avec des bateaux chez 11 bélugas entre 1983 et 2006 (Lair, 2007; Banque de données du Centre canadien coopératif de la santé de la faune). Cependant, il n'a pas été établi que la collision ait été la cause principale de mortalité ou même qu'une maladie aurait pu rendre les individus plus susceptibles aux collisions. Plusieurs bélugas de l'estuaire du Saint-Laurent portent des blessures et des cicatrices attribuables vraisemblablement à une collision avec un navire (R. Michaud, GREMM, données non publiées). Ces marques sont notamment utilisées pour différencier les bélugas lors des études de photo-identification.

Laist et coll. (2001) ont étudié les données historiques de collision entre des bateaux et certaines espèces de baleines (baleines à fanons et cachalot). Ils ont démontré que les jeunes étaient particulièrement vulnérables aux collisions parce qu'ils passent plus de temps en surface et ont moins d'expérience pour éviter les navires. De plus, Blane et Jackson (1994) ont démontré que les jeunes bélugas interagissaient plus que les adultes avec les bateaux. Les bélugas ont une capacité auditive très développée et un excellent système d'écholocation qui peuvent les aider à détecter les embarcations. Par contre, les bruits d'origine anthropique (navires, sonars, activités sismiques) peuvent causer des blessures à l'appareil auditif diminuant ainsi la capacité de détection et augmentant de ce fait les risques de collision. Malheureusement, les blessures à l'appareil auditif sont très difficiles à détecter lors des nécropsies à cause de l'état de décomposition des carcasses et de facteurs confondants (Faulkner et coll., 1998; Measures, 2007a).

7) Empêtrément dans les engins de pêche

La pêche, notamment à l'aide d'engins fixes ou de filets maillants, constitue une cause potentielle de mortalité pour les bélugas de la population de l'estuaire du Saint-Laurent. Quelques cas de béluga piégé dans un engin de pêche fixe ou empêtré dans des engins de pêche

ou autres cordages ont été rapportés. Dans de tels cas, les bélugas peuvent se blesser, développer une infection, ou même trouver la mort par anoxie (absence d'oxygénation). Dans l'estuaire du Saint-Laurent, l'effort de pêche est limité et peu de filets maillants sont utilisés. Au Québec, au moins cinq cas d'empêchement ont été rapportés depuis 1979 (MPO et WWF, 1995; Système de suivi des incidents, Parcs Canada; L.Measures, MPO, données non publiées). Les risques associés aux engins de pêche peuvent cependant être beaucoup plus importants pour les animaux qui s'aventurent hors de leur aire de répartition habituelle, où les activités de pêche sont plus répandues. Entre 1979 et 1991, plusieurs cas d'emmêlement de bélugas dans les filets maillants et les trappes à morue ont été rapportés sur les côtes de Terre-Neuve et du Labrador (Curren et Lien, 1998). La pêche fantôme⁶ s'ajoute aux menaces potentielles. Sur les 30 000 filets maillants installés tous les ans au Québec, entre 600 et 2 000 seraient abandonnés ou perdus. En 1991, dans un effort de récupération, 28 172 mètres de filets ont pu être retirés des eaux entre Matane et Forillon (Drolet, 1998). Une opération similaire a eu lieu sur la Côte-Nord en 2005 et un nombre important de filets ont été retirés de l'eau (Laberge, 2005).

Les prises accidentelles dans les engins de pêche ne semblent pas limiter le rétablissement des bélugas du Saint-Laurent, très peu d'individus portent d'ailleurs des cicatrices causées par des engins de pêche (MPO et WWF, 1995; Lair, 2007). Les capacités d'écholocalisation de ces odontocètes semblent leur permettre de détecter la présence des engins de pêche et ainsi éviter l'entremêlement. Par contre, étant donné le faible taux de recrutement de cette population, toute source de mortalité est importante à considérer.

8) Activités scientifiques

À cause de leur statut d'espèce menacée, les bélugas du Saint-Laurent ont fait l'objet de plusieurs études scientifiques. Pêches et Océans Canada, Parcs Canada, diverses universités ainsi que le GREMM étudient plusieurs aspects de la population de bélugas de l'estuaire du Saint-Laurent depuis plusieurs années. Certaines études se réalisent grâce à la pose d'enregistreurs de données, la photo-identification, la prise de biopsies et le suivi des troupes à partir de bateaux et de la côte. Bien que l'acquisition de connaissance profite au rétablissement du béluga du Saint-Laurent, ces projets de recherche sont susceptibles de déranger les individus. Par exemple, les bateaux doivent s'approcher à moins de 25 m pour la prise de photographies nécessaires à l'identification des individus et à moins de 10 m pour la récolte de biopsie (dard projeté par une arbalète, pour une description des méthodes d'échantillonnage voir Michaud, 1996).

Des travaux de recherche pouvant entraîner le dérangement de mammifères marins requièrent un permis du MPO en tout temps et de Parcs Canada lorsque l'étude s'effectue dans le PMSSL. L'obtention du permis du MPO est soumise à l'étude du protocole et des effets potentiels qui sont revus par un comité de protection des animaux établi dans le cadre du Conseil canadien de protection des animaux.

⁶ La pêche fantôme se rapporte aux filets et casiers perdus en mer qui continuent à piéger les poissons et autres animaux marins. Puisque ces filets ne sont pas remontés, les poissons y meurent et y pourrissent.

Menaces ponctuelles ou épisodiques

Ces menaces sont ponctuelles, c'est-à-dire qu'elles se manifestent seulement à un moment et à un endroit précis, mais pourraient, si elles viennent à se produire, causer la mort de plusieurs individus et donc limiter le rétablissement.

9) Déversement de produits toxiques

Il existe un important transport maritime de produits pétroliers et autres produits toxiques dans l'estuaire du Saint-Laurent. Les conditions océanographiques particulières de l'estuaire et du golfe, tels que les courants et marées intenses, la présence des glaces ou la fréquence élevée de brouillard, en combinaison avec le trafic soutenu qui emprunte la voie maritime, augmentent les risques d'accident. À ce jour, peu de déversements importants sont survenus dans le Saint-Laurent. La majorité des déversements ont lieu dans les ports (Villeneuve et Quilliam, 1999). Cependant, l'exploration et de l'exploitation pétrolière peut augmenter considérablement les risques d'accidents et de déversements (Kingston, 2005). Par exemple, en novembre 2004, un important déversement de pétrole a eu lieu au large de St. John's à Terre-Neuve lors d'un bris d'équipement sur une plate-forme de forage. La faune aviaire et marine a été affectée dans un rayon de plus de 5 km. De plus, le 20 avril 2010, l'explosion d'une plate-forme pétrolière a entraîné un déversement massif de pétrole dans le golfe du Mexique. Le puits, situé à une profondeur de 1,5 km, a déversé environ 780 millions de litres de pétrole pendant 11 semaines. Le pétrole a atteint les côtes de la Louisiane, de l'Alabama et de la Floride. Étant donné l'habitat relativement restreint que représente l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent, un déversement important pourrait comporter des risques sérieux pour les bélugas.

Si les bélugas entraient en contact avec une nappe de pétrole, ils seraient protégés par leur épiderme, qui est une barrière très efficace contre les substances nocives (Geraci, 1990). Les déversements de pétrole peuvent tout de même constituer un risque pour les mammifères marins puisque les vapeurs toxiques émanant du brut ou des distillats volatiles sont susceptibles d'endommager les tissus sensibles tels que les membranes des yeux, de la bouche et des poumons (Geraci et St. Aubin, 1990). De plus, les mammifères marins peuvent ingérer le produit déversé ou ses métabolites directement ou par l'intermédiaire de proies contaminées. Matkin et coll. (2008) ont montré le lien existant entre l'augmentation de la mortalité des épaulards observée au large de l'Alaska et le déversement du pétrolier Exxon Valdez en 1989. Les risques de contact avec le pétrole augmentent l'hiver puisque le produit tend à s'accumuler en bordure des glaces, où les bélugas passent une grande partie de leur temps. La fidélité au site, bien documentée chez les bélugas du Saint-Laurent, pourrait aussi être un facteur qui pousserait les animaux à s'approcher à proximité des nappes de pétrole. De plus, un déversement de produits toxiques peut avoir des conséquences à long terme sur l'écosystème du l'estuaire par exemple en causant une diminution de l'abondance des proies par une mortalité accrue des individus et par une dégradation des sites de fraie et de croissance (Peterson et coll., 2003). On peut s'attendre à ce que les changements climatiques entraînent une augmentation de la fréquence et de l'ampleur des événements climatiques extrêmes ce qui pourrait augmenter le risque de déversement accidentel de produits toxiques. Cette menace est donc considérée comme potentiellement très dangereuse pour la population de bélugas du Saint-Laurent.

10) Efflorescence d'algues toxiques

Lors de l'été 2008, une marée rouge s'étendant sur 600 km² a frappé l'estuaire du Saint-Laurent et aurait causé la mort de dix bélugas. La prolifération de l'algue toxique *Alexandrium tamarense* a causé la mort de plusieurs cétacés, de dizaines de phoques et de milliers d'oiseaux, d'invertébrés et de poissons (Banque de données du Centre canadien coopératif de la santé de la faune). La neurotoxine produite par les algues, une saxitoxine, paralyse les animaux, y compris leur système respiratoire, et entraîne ainsi l'asphyxie. Les bélugas ingèrent cette neurotoxine à travers leurs proies. L'effet d'une exposition chronique à la saxitoxine sur la santé des bélugas est inconnu. L'ampleur qu'a pris ce phénomène naturel est probablement due aux précipitations particulièrement abondantes de l'été 2008 (M. Starr, MPO, données non publiées). L'eutrophisation, les changements climatiques et l'altération du régime des pluies qu'ils entraînent, pourraient causer un accroissement des efflorescences d'algues et rendre cette menace significative pour les bélugas du Saint-Laurent. La fréquence et la répartition géographique des efflorescences d'algues toxiques semblent augmenter à travers le monde (Van Dolah, 2000). Bien que les facteurs expliquant cette croissance et ses effets sur les mammifères marins soient encore peu connus, on note une augmentation importante de la mortalité qui est de plus en plus associée à des efflorescences d'algues (Scholin et coll., 2000).

11) Épizootie

Plusieurs facteurs (petite population, comportement grégaire, aire de répartition réduite, isolement des populations voisines et affaiblissement du système immunitaire dû à l'exposition chronique aux contaminants) rendent les bélugas du Saint-Laurent plus vulnérables à des maladies infectieuses qui risquent de dégénérer en épizooties⁷. Plusieurs espèces de mammifères marins, résidentes ou migratrices, partagent, dans l'estuaire, un habitat relativement restreint et sont probablement exposées à un grand nombre d'agents pathogènes (Measures, 2007b). Certains de ces agents peuvent être transmis par diverses sources telles que les rejets d'égouts, le ruissellement des terres agricoles et la navigation (Measures et Olson, 1999). Il faut aussi prévoir que les changements climatiques risquent d'amplifier l'impact qu'ont les agents pathogènes sur la population de bélugas du Saint-Laurent. Le réchauffement climatique peut augmenter le taux de survie des agents pathogènes durant l'hiver et entraîner une plus grande fréquentation de l'estuaire par de nouvelles espèces de mammifères marins ce qui augmente l'exposition des bélugas aux agents pathogènes exotiques (MPO, 2002; Measures, 2004; Burek et coll., 2008; Measures, 2008). De plus, les contaminants ainsi que le stress entraîné par les activités humaines affaiblissent vraisemblablement le système immunitaire (De Guise et coll., 1996; De Guise, 1998). Les animaux deviennent alors moins aptes à se défendre contre les agents pathogènes et les parasites. À noter que les jeunes sont les individus les plus à risque puisque leur système immunitaire est moins bien développé, ce qui peut avoir des répercussions importantes en ce qui concerne le recrutement.

⁷ Épidémie qui touche les animaux.

Les virus constituent la principale source potentielle d'épizootie. En particulier, le *Morbillivirus*⁸, qui aurait causé la mort ces dernières années de centaines, voire de milliers de phoques et de cétacés dans le monde, est une source d'inquiétude pour le béluga du Saint-Laurent. Le *Morbillivirus* est particulièrement dangereux puisqu'il peut causer des épizooties très rapides qui se caractérisent par des broncho-pneumonies et des encéphalites et provoque généralement la mort de l'animal (Kennedy, 1998; Di Guardo et coll., 2005). Les bélugas pourraient être infectés par le *Morbillivirus* par l'intermédiaire d'un mammifère porteur, que celui-ci soit terrestre ou marin (Mamaev et coll., 1996; Barrett, 1999). L'arrivée du *Morbillivirus*, auquel la population de bélugas du Saint-Laurent n'a jamais été exposée, pourrait avoir des conséquences désastreuses : le caractère grégaire de la population favoriserait la propagation du virus et la faible étendue de l'aire de répartition lui permettrait d'atteindre un très grand nombre d'individus (Nielsen et coll., 2000).

En plus des infections au *Morbillivirus*, d'autres pathogènes, comme la bactérie *Brucella* et le protozoaire *Toxoplasma gondii*, peuvent causer des maladies infectieuses chez les bélugas (Measures, 2007b). La brucellose est préoccupante puisqu'elle est associée à des problèmes de reproduction : mastites, avortements, mortalité néonatale ou infertilité (Tryland, 2000; Nielsen et coll., 2001). Malgré la présence de plusieurs agents pathogènes dans la population de bélugas du Saint-Laurent, aucun cas d'épizootie sévère n'a été répertorié.

Cette menace est pour le moment hypothétique mais très préoccupante, puisqu'en cas d'épizootie sévère, une petite population comme celle du béluga du Saint-Laurent pourrait devenir à risque d'extinction. À cause du risque de transmission d'un pathogène exotique au béluga de l'estuaire du Saint-Laurent (Measures, 2004, 2007a), la réhabilitation de mammifères marins, particulièrement les phoques, fait l'objet d'un moratoire au Québec.

1.6 Mesures déjà achevées ou en cours

1.6.1 Protection légale

Protection internationale

Le béluga est classé comme étant vulnérable par l'UICN et cette espèce est protégée par la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES). Les pays signataires de cet accord, dont le Canada fait partie, contrôlent les échanges internationaux de produits dérivés d'espèces animales et végétales sauvages afin de ne pas mettre leur survie en danger. Au Canada, la CITES est appliquée en vertu de la *Loi sur la protection d'espèces animales ou végétales sauvages et la réglementation de leur commerce international et interprovincial*. La population de bélugas de l'estuaire du Saint-Laurent est inscrite à l'annexe II de la Convention ce qui signifie que l'importation ou l'exportation de spécimen de béluga doivent être accompagnées d'un permis.

⁸ Genre qui comprend le virus de la rougeole chez l'humain ou encore celui de la maladie de Carré chez le chien.

Protection légale fédérale et provinciale

Le béluga du Saint-Laurent a bénéficié d'une protection complète contre la chasse depuis 1979 grâce au *Règlement sur la protection du bélouga* (1979) de la *Loi sur les pêches* (1985). En 1993, lors du remplacement de ce règlement par le *Règlement sur les mammifères marins* (1993), les directives concernant l'observation des mammifères marins dans les eaux canadiennes sont devenues plus spécifiques. Ce règlement stipule qu'il est interdit d'importuner un mammifère marin. Il est présentement en révision à l'échelle canadienne dans le but de mieux intégrer les besoins régionaux. De plus, la *Loi sur les pêches* protège l'habitat des mammifères marins puisqu'il est interdit d'exploiter des ouvrages ou des entreprises entraînant la détérioration, la destruction ou la perturbation de l'habitat du poisson, terme qui inclut les mammifères marins au sens de cette loi. L'article 36 de cette loi, vise à contrôler l'introduction de substances toxiques dans l'habitat. Par ailleurs, le MPO dans le cadre d'une politique interne, ne permet pas l'utilisation d'engins mobiles de pêche dans l'estuaire moyen et le fjord du Saguenay. Bien que cette mesure n'ait pas été spécifiquement mise en place pour protéger le béluga, elle procure une certaine protection à ses proies.

De plus, la population de bélugas de l'estuaire du Saint-Laurent est inscrite comme espèce menacée depuis 2005 sur l'annexe 1 de la *Loi sur les espèces en péril* du Canada. Par conséquent, il est interdit de tuer un individu de l'espèce, de lui nuire, de le harceler, de le capturer ou de le prendre, d'endommager ou de détruire la résidence d'un ou plusieurs individus de l'espèce. La Loi prévoit aussi que l'habitat essentiel de l'espèce soit protégé de la destruction.

Les préoccupations du milieu régional pour la protection du béluga et son habitat ont constitué un facteur déterminant dans la création du parc marin Saguenay–Saint-Laurent (figure 7). Le parc marin fut officiellement créé le 10 juin 1998, par l'entrée en vigueur de lois dites « miroir », soit une loi canadienne et une loi québécoise, toutes deux intitulées *Loi sur le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent* (1997). D'une superficie de 1 245 km², le parc marin est administré conjointement par les deux gouvernements, soit par l'Agence Parcs Canada et par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEP). Le *Règlement sur les activités en mer du parc marin Saguenay–Saint-Laurent* (2002) découle de la loi fédérale. Ce règlement prévoit des mesures de protection spécifiques aux espèces déclarées en voie de disparition ou menacées, comme le béluga, notamment en limitant la distance d'approche à plus de 400 m. De plus, le nombre de bateaux d'excursion pouvant exercer leurs activités dans le parc marin a été limité par un système de permis, ainsi que la vitesse et la durée de présence sur les sites d'observation. L'exploration sismique ainsi que l'exploitation gazière et pétrolière sont interdites dans le parc en vertu de la loi québécoise.

La réglementation du PMSSL prévoit l'établissement d'un zonage. Celui-ci constituera un outil de gestion essentiel à l'atteinte des objectifs de conservation et d'utilisation du parc marin dans une optique d'écologie durable. En 2006, le comité Béluga-baie Sainte-Marguerite du parc marin a été créé dans le but de mettre en place des mesures de protection de cet habitat et de définir des actions pour préserver cette baie, qui est l'une des aires d'utilisation intensive estivale du béluga. En 2008, un plan de gestion sur les activités en mer a été mis sur pied dans le PMSSL. Le but de ces deux exercices est notamment de définir des mesures de gestion spécifiquement adaptées aux

activités en mer dans le parc marin, fortement utilisé par le béluga ainsi que par un grand nombre de bateaux de tous genres.

Le béluga pourra être protégé à la fois par les lois du Canada et du Québec qui portent sur la création d'éventuelles aires marines protégées (AMP). Entre autres, la *Loi sur les océans* (1996) confère au MPO le pouvoir de créer des zones de protection marines (ZPM) afin de protéger une ou plusieurs composantes d'un écosystème, dont les espèces en péril, tandis que la *Loi sur la conservation du patrimoine naturel* (L.R.Q., chapitre C-61.01) confère au MDDEP le pouvoir de désigner sur son territoire des aires protégées afin de veiller à la protection de la biodiversité et des composantes importantes de l'écosystème marin. L'établissement d'un réseau d'aires marines protégées au Québec est coordonné depuis 2007 par un groupe de travail, le Groupe bilatéral sur les aires marines protégées au Québec (GBAMP), sur lequel siègent les représentants des deux paliers gouvernementaux concernés. Ce groupe travaille actuellement au développement d'une AMP d'une superficie d'environ 500 km² dans le secteur de Manicouagan. Ce projet d'AMP couvre un territoire occupé de l'automne au printemps par le béluga. Historiquement, ce territoire était occupé par les bélugas en période estivale. La protection de l'espace marin de la péninsule de Manicouagan permettra d'assurer, dans le cas d'un agrandissement de l'aire de répartition estivale, un habitat de qualité pour le béluga du Saint-Laurent. Le GBAMP examinera par la suite le projet de ZPM Estuaire du Saint-Laurent qui couvre un territoire de 6 000 km² adjacent au PMSSL et occupé en période estivale par les bélugas (figure 7). Ce projet vise spécifiquement la protection et la conservation à long terme des mammifères marins, de leurs habitats et de leurs ressources alimentaires, tout en maintenant les activités économiques durables. La zone retenue couvre le secteur où les pressions humaines sur les mammifères marins (AOM, trafic maritime) hors parc marin, sont les plus intenses.

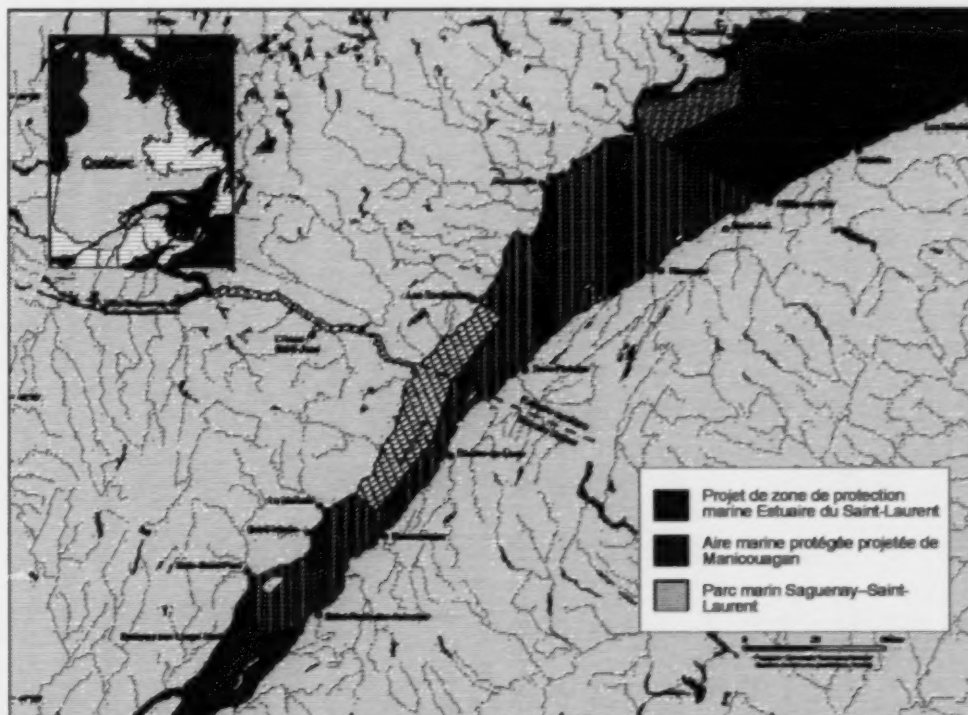


Figure 7. Carte du Parc marin Saguenay–Saint-Laurent et des deux projets d'aires marines protégées dans le secteur, soit le projet d'aire marine protégée de Manicouagan et le projet de zone de protection marine Estuaire du Saint-Laurent. En médaillon, la localisation du secteur au Québec.

D'autres mesures réglementaires ou législatives fédérales s'ajoutent à cette liste pour encadrer les activités susceptibles d'avoir un impact sur la population de bélugas de l'estuaire du Saint-Laurent, telles que la *Loi de 2001 sur la marine marchande du Canada* (2001), la *Loi canadienne sur les évaluations environnementales* (1992) et la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (1999). Des dispositions de la *Loi de 2001 sur la marine marchande du Canada* encadrent l'action d'une équipe d'intervention régionale dont le rôle est d'enclencher les mesures de nettoyage nécessaires en cas de déversement. Environnement Canada, Pêches et Océans Canada et le ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec ainsi que des organismes non gouvernementaux, sont appelés à aider au sauvetage des espèces fauniques en cas de déversement. Le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent a défini son propre plan d'urgence qui s'arrime avec celui des organismes responsables de la coordination des urgences (Auger et Quenneville, 2001). Des essais techniques d'interventions pour contrer un déversement d'hydrocarbures dans le fjord du Saguenay ont été réalisés dans le but d'émettre plusieurs recommandations (Dinel et Duhaime, 1997; Auger et Quenneville, 2001). Cependant, la mise en oeuvre d'un programme de contingence efficace pour empêcher l'exposition des bélugas aux produits déversés représente un défi compte tenu des nombreuses contraintes rencontrées en situation réelle.

L'énoncé des pratiques canadiennes d'atténuation des ondes sismiques en milieu marin précise « les exigences relatives aux mesures d'atténuation qui doivent être satisfaites durant la planification et la réalisation de levés sismiques en mer afin de minimiser les impacts sur la vie

océanique. Ces exigences prennent la forme de normes minimales, qui s'appliquent dans toutes les eaux marines du Canada libres de glace ».

Par ailleurs, le béluga du Saint-Laurent est également protégé en vertu de la *Loi sur les espèces menacées et vulnérables du Québec* (L.R.Q., c.E-12). De plus, d'autres lois québécoises peuvent contribuer à la protection du béluga en contrôlant notamment les émissions de polluant soit la *Loi sur la qualité de l'environnement* (L.R.Q., c. Q-2), la *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune* (L.R.Q., c. C-61.1) et la *Loi sur le régime des eaux* (L.R.Q., c. R-13).

1.6.2 Programmes visant l'amélioration de la qualité des eaux de l'estuaire du Saint-Laurent

En 1972, la *Loi sur la qualité de l'environnement* (LQE) est votée au Parlement québécois. Le Programme d'assainissement des eaux du Québec (PAEQ), issu de la LQE, est mis sur pied en 1978. L'investissement de près de 7 milliards, consenti dans le cadre de ce programme, a permis aux municipalités du Québec de construire des stations d'épuration des eaux usées. Le PAEQ a également incité les industries non reliées à un égout municipal à construire leur propre système d'assainissement des rejets. Le PAEQ a permis de diminuer considérablement la pollution rejetée dans les cours d'eau de la province. Le Programme de réduction des rejets industriels, également issu de la LQE, vise quant à lui à encadrer les émissions polluantes des grands secteurs industriels du Québec. En 1988, les gouvernements québécois et canadien joignaient leurs efforts et investissaient dans l'assainissement du Saint-Laurent par l'entremise du *Plan d'action Saint-Laurent* (PASL). Le premier objectif de ce plan était la lutte contre la pollution chimique du fleuve Saint-Laurent. Pour ce faire, 50 entreprises majeures ont été ciblées et ont eu pour objectif de diminuer de 90 % leurs effluents liquides toxiques sur une période de cinq ans. En 1993 et en 1998, deux autres phases nommées *Saint-Laurent Vision 2000* ont été signées et ont permis d'ajouter 56 usines à la liste des usines prioritaires pour le plan de diminution des produits toxiques. Au terme de ces actions, des améliorations mesurables et des interventions concrètes ont été apportées : la plupart des usines ciblées ont réduit leurs effluents toxiques (Dartois et Daboval, 1999). Le PASL a favorisé, par exemple, la réduction des émissions d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) par les alumineries, ce qui a occasionné une diminution des concentrations de ces contaminants dans les sédiments de surface du Saguenay (Gearing et coll., 1994; White et Johns, 1997). En outre, les comités Zones d'Intervention Prioritaires (ZIP) ont été mis sur pied au cours de la deuxième phase du Plan d'action. Le maintien de la biodiversité, l'assainissement agricole, la protection humaine, la gestion des niveaux d'eau et la navigation sont d'autres domaines ciblés par le Plan d'action. Les rejets de plusieurs substances toxiques ont grandement diminué grâce à la mise en œuvre du PAEQ, du PASL ainsi que de l'application de règlements visant la réduction des émissions polluantes des fabriques de pâtes et papiers et des raffineries (Rondeau, 2002; Painchaud et Villeneuve, 2003; Pelletier, 2005).

De plus, en 1996 un comité a été formé afin de préciser la problématique des sites aquatiques contaminés et d'énumérer ceux qui devaient faire l'objet d'intervention en raison de leur impact sur le béluga du Saint-Laurent. Les données disponibles à l'époque ont permis d'identifier 38 sites où les sédiments contiennent des concentrations élevées de substances toxiques potentiellement préoccupantes pour le béluga (Gagnon et Bergeron, 1997).

Plusieurs programmes canadiens ou étatsuniens visant certaines substances toxiques, existent afin d'améliorer la qualité des eaux des Grands Lacs qui se jettent dans le fleuve Saint-Laurent : l'accord Canada-Ontario, l'accord relatif à la qualité de l'eau des Grands Lacs, la stratégie binationale relative aux substances toxiques, le programme fédéral des Grands Lacs et les plans d'aménagement panlacustre. Le Canada aussi pris des engagements internationaux⁹ afin de gérer efficacement le commerce des produits chimiques dangereux.

1.6.3 Interdiction des activités d'exploration et d'exploitation pétrolière et gazière

À la suite d'une enquête et d'une audience publique sur la question des levés sismiques du BAPE (BAPE, 2004), et de l'évaluation environnementale stratégique pour cerner les enjeux environnementaux, sociaux et économiques de l'exploration et de l'exploitation gazière et pétrolière dans le golfe et l'estuaire du Saint-Laurent, enclenchée en 2009, le gouvernement du Québec a décidé qu'aucune de ces activités n'aurait lieu dans l'estuaire maritime et le nord-ouest du golfe du Saint-Laurent. Cette interdiction couvre la majeure partie de l'aire de répartition du béluga du Saint-Laurent.

1.6.4 Intendance

Réseau québécois d'urgence pour les mammifères marins (RQUMM)

Entre 1982 et 2002, le MPO et l'Institut national d'écotoxicologie du Saint-Laurent (INESL) ont fait un suivi des échouages de mammifères marins dans l'estuaire du St-Laurent. Le GREMM a entrepris ce suivi depuis 2003 et a créé en 2004, un réseau québécois d'urgence pour les mammifères marins en difficulté, en collaboration avec treize partenaires dont Pêches et Océans Canada et Parcs Canada. Le mandat du réseau est d'organiser, de coordonner, de mettre en œuvre des mesures visant à réduire les cas de mortalité accidentelle de mammifères marins, à secourir des animaux en difficulté et à favoriser l'acquisition de connaissances auprès des animaux morts, échoués ou à la dérive dans les eaux du Saint-Laurent québécois. La coordination et le centre d'appel du réseau sont assurés par le GREMM.

Sensibilisation au PMSSL

Le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent organise chaque année une formation à l'intention des capitaines des bateaux d'excursions afin de les familiariser avec les bonnes pratiques d'observation des mammifères marins (règlement sur les activités en mer, biologie, moyens de diversifier les excursions). Depuis 2008, cette formation est obligatoire pour exercer une activité dans le parc marin. L'équipe de Parcs Canada prévoit étendre cette formation aux guides de kayak et aux naturalistes. Parcs Canada et Parcs Québec effectuent aussi plusieurs actions sur le territoire, telles qu'une tournée d'éducation et des patrouilles afin de sensibiliser les plaisanciers à la réglementation en vigueur dans le parc. Un dépliant destiné au public qui résume la réglementation en vigueur dans le parc marin est également largement diffusé. Depuis 2007, un

⁹ Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants, Convention de Rotterdam sur la procédure de consentement préalable en connaissance de cause applicable à certains produits chimiques et pesticides dangereux qui font l'objet d'un commerce international, Convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux et de leur élimination.

guide sur les bonnes pratiques pour l'observation des mammifères marins au Québec, élaboré en collaboration avec l'industrie des activités d'observation des mammifères marins, le MPO et Parcs Canada est disponible pour sensibiliser le grand public à l'observation sécuritaire des mammifères marins.

Programme d'intendance de l'habitat

Différents projets ont été réalisés dans le cadre du programme d'intendance de l'habitat (PIH) pour les espèces en péril du Canada :

- Le comité ZIP de la rive nord de l'estuaire a mis en valeur en 2003 un réseau de sites terrestres d'interprétation et d'observation des cétacés à partir des berges. Un projet de sensibilisation des kayakistes aux comportements de navigation à adopter envers les mammifères marins en péril a aussi été élaboré.
- Le Réseau d'observation des mammifères marins (ROMM) a instauré un projet de sensibilisation visant à inciter les employés et les dirigeants de cette industrie à repenser les activités de croisières d'observation des baleines. Depuis 2006, le Réseau poursuit une étude des AOM en Gaspésie et rencontre les jeunes dans les écoles depuis 2005 afin de les sensibiliser aux espèces en péril.
- La corporation PARC Bas-Saint-Laurent a développé et réalisé un programme de sensibilisation sur les mammifères marins qui s'adresse à la clientèle scolaire.
- Le GREMM publie un bulletin hebdomadaire, intitulé *Écho des baleines*, durant chaque saison d'observation pour faire le point sur les projets en cours et sur les actions entreprises pour protéger les baleines afin de les faire connaître aux capitaines et aux naturalistes.
- Le centre de coordination du RQUMM reçoit également le soutien du PIH.

1.6.5 Atténuation du dérangement par les activités scientifiques

Plusieurs mesures sont utilisées pour minimiser le dérangement des bélugas lors d'études sur le terrain. Par exemple, réduction de la vitesse de navigation à l'approche d'un troupeau, pause de 15 minutes avant d'approcher les troupeaux à moins de 300 m, période maximale de trois heures à proximité d'un troupeau et exclusion des groupes avec des veaux dans les cas de récolte de biopsie. Lors d'études sur l'effet des activités de récolte de biopsie sur le comportement des bélugas, on observe en général un plongeon précipité de l'individu visé et du groupe nageant à proximité de celui-ci suite au tir de l'arbalète. Par contre, 15 à 20 minutes plus tard, l'individu convoité ainsi que l'ensemble du troupeau, ne semblent pas conserver de séquelles du tir de l'arbalète : ils se laissent approcher aussi facilement qu'avant le tir (Michaud, 1996; De la Chenelière, 1998).

1.6.6 Recherches

En plus du programme de suivi des carcasses de bélugas échoués, plusieurs groupes de recherche, dans le cadre de plusieurs programmes, travaillent sur le béluga de l'estuaire du Saint-Laurent. Voici une liste non exhaustive de certains programmes de recherche :

- Des relevés aériens sont effectués depuis 1988 à des intervalles de deux à trois ans par les chercheurs du MPO pour assurer un suivi de la taille et de la tendance de la population.
- Parcs Canada mène depuis plusieurs années un projet d'observation des bélugas dans le PMSSL sur deux sites différents (Pointe-Noire à l'embouchure du Saguenay et baie Sainte-Marguerite) afin de mieux comprendre l'utilisation de ces secteurs par les bélugas ainsi que d'évaluer l'intensité du trafic maritime. Les informations récoltées visent à préciser un plan de gestion des activités en mer spécifiques à ces secteurs. Un portrait de la navigation dans le parc a été réalisé en 2007. De plus, en 2009, une étude sur les proies du béluga a été amorcée dans les secteurs fortement fréquentés par le béluga.
- Le GREMM étudie la répartition et l'organisation sociale des bélugas via la photo-identification, la prise de biopsies et le suivi des troupes depuis une vingtaine d'années. Un projet d'étude des activités d'observation en mer mené par le GREMM et Parcs Canada depuis 1994 fut élargi avec la participation du MPO en 2005. Les objectifs de cette étude sont de caractériser les AOM, d'évaluer la répartition des mammifères marins, d'élaborer des mesures réglementaires ainsi que d'estimer l'impact des mesures de gestion en vigueur dans la région, dans le PMSSL et dans la ZPM projetée Estuaire du Saint-Laurent.
- Un projet de recherche mené conjointement par le GREMM et le MPO en collaboration avec Parcs Canada sur le comportement de plongée et les déplacements des bélugas se déroule depuis 2001 dans l'estuaire. Ce projet vise à mieux comprendre l'utilisation de l'habitat par les bélugas.
- Un projet réalisé conjointement par le MPO et le ministère de la Défense nationale a débuté en 2004 dans le but de déterminer l'intensité de la pollution sonore à laquelle les bélugas sont exposés dans différents habitats.
- Le MPO étudie depuis 2004 la répartition des baleines dans l'estuaire du Saint-Laurent et tente d'évaluer leur exposition aux bruits présents dans leur environnement à l'aide d'un système automatisé d'hydrophones à enregistrement continu. L'objectif est de caractériser le degré d'utilisation des habitats par le béluga par l'exploration d'une méthode acoustique et de comprendre les processus responsables de la génération et du maintien d'un habitat privilégié et sensible du béluga du Saint-Laurent : l'embouchure du Saguenay.
- L'université du Connecticut, en collaboration avec le GREMM, le MPO, Parcs Canada, le ministère de la Défense nationale et Park Foundation, effectue un programme de recherche pour évaluer les effets de la pollution sonore sur cette population en péril.

2. RÉTABLISSEMENT

2.1 Objectifs en matière de population et de répartition

Dans le plan de rétablissement du béluga du Saint-Laurent publié en 1995, l'objectif ciblé était : *« de faire en sorte que la population soit suffisamment grande et dans un état tel que les événements naturels et les activités humaines ne constitueront plus une menace pour sa survie... »*

À l'heure actuelle, il semble qu'en réduisant la pollution et les dérangements, il soit possible de permettre aux humains et aux bélugas de continuer à partager l'estuaire du Saint-Laurent. » (MPO et WWF, 1995). L'objectif du présent programme de rétablissement est toujours de ramener la population de bélugas à un seuil où sa survie ne sera plus menacée par des perturbations naturelles et anthropiques.

L'effectif d'origine est estimé à 10 100 individus (MPO, 2005b). L'objectif en ce qui concerne la population du béluga de l'estuaire du Saint-Laurent est d'atteindre à long terme un effectif de 7 070 individus soit 70 % de l'effectif originel, ce qui correspond à l'utilisation du principe de précaution mis de l'avant par le MPO pour la gestion de diverses ressources marines (MPO, 2006; Hammill et Stenson, 2007). Toutefois, la population pourrait être considérée comme n'étant plus en péril avant que cet objectif ne soit atteint (MPO, 2005b). Au taux d'accroissement actuel d'environ 1 % par année, l'objectif à long terme pourrait être atteint en 2100. L'identification et la correction des facteurs limitant l'accroissement de la population permettraient au taux de croissance d'atteindre potentiellement un taux théorique maximal d'environ 4 %. Dans de telles circonstances, la population pourrait atteindre l'objectif de population à long terme d'ici 2050 (figure 8). Un taux d'accroissement de la population d'au moins 2 % par année constitue également un objectif de ce programme. De plus, un objectif de population intermédiaire de 1 000 individus matures a été fixé. S'il est atteint, cet objectif pourrait permettre d'attribuer au béluga du Saint-Laurent un statut correspondant à une plus faible catégorie de risque selon les critères d'évaluation du COSEPAC et de préserver la diversité génétique. Parallèlement à cette augmentation d'effectif, il est souhaitable que l'aire de répartition du béluga du Saint-Laurent s'étende sur une aire minimale correspondant à 70 % de l'aire de répartition d'origine (MPO, 2005b).

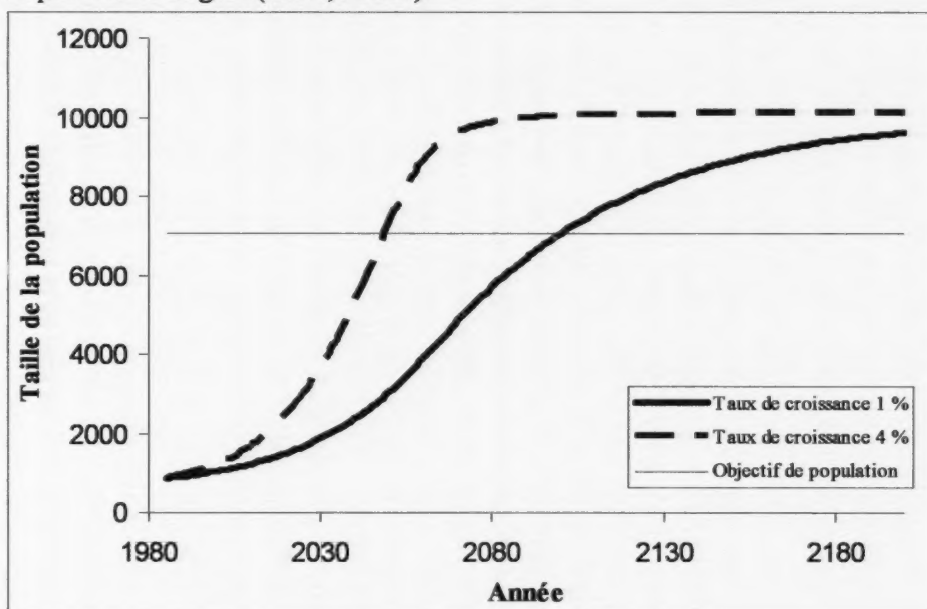


Figure 8. Temps requis pour atteindre l'objectif de population fixé de 7 070 individus, au taux de croissance actuel d'environ 1 % et au taux de croissance théorique maximal de 4 % (M. Hammill, MPO, données non publiées).

2.2 Objectifs de rétablissement

Afin d'atteindre les objectifs de population et de répartition du programme actuel, six objectifs de rétablissement ont été formulés :

1. Réduire, chez le béluga, ses proies et leurs habitats, les contaminants susceptibles de nuire au rétablissement;
2. Réduire le dérangement anthropique;
3. Assurer des ressources alimentaires accessibles et adéquates au béluga;
4. Atténuer les effets des autres menaces sur le rétablissement de cette population;
5. Protéger l'habitat du béluga sur toute son aire de répartition;
6. Assurer un suivi régulier de la population de bélugas de l'estuaire du Saint-Laurent.

Pour atteindre ces objectifs de rétablissement, plusieurs stratégies sont suggérées dans le tableau suivant.

2.3 Stratégies et mesures afin d'atteindre les objectifs du rétablissement

2.3.1. Planification du rétablissement

Tableau 3. Tableau de planification du rétablissement du béluga du Saint-Laurent.

Niveaux de priorité : Utile : qui serait profitable au rétablissement; Nécessaire : qui présente un grand intérêt pour le rétablissement; Essentiel : qui est indispensable au rétablissement.

Niveau de Priorité	Menaces	Stratégies de rétablissement	Mesures
Objectif 1. Réduire, chez le béluga, ses proies et son habitat, les contaminants susceptibles de nuire au rétablissement			
Essentiel	Contaminants	Étudier les effets des contaminants sur le béluga, ses proies clés et les espèces sentinelles.	<ul style="list-style-type: none"> - Étudier les effets sur la survie, la santé, la reproduction et la croissance. - Faire une évaluation des risques d'impacts des différents groupes de contaminants sur le béluga et des facteurs affectant ces risques.
Essentiel	Contaminants	Réglementer ou poursuivre l'application de la réglementation existante afin de contrôler l'introduction dans l'environnement de polluants toxiques, en particulier les nouveaux contaminants.	<ul style="list-style-type: none"> - Améliorer les réglementations canadienne et québécoise afin de réduire les apports de produits toxiques dans le bassin du Saint-Laurent et des Grand Lacs, notamment en révisant ou en établissant les seuils de toxicité des polluants. - Développer des outils de surveillance pour faire un suivi de l'impact de la réglementation. - Réduire le nombre et la sévérité des déversements, accidentels ou illégaux.
Essentiel	Contaminants	Réduire les émissions et les rejets de tous les types de polluants à la source.	- Réduire les émissions de polluants provenant de sources telles que les sites d'entreposage, lieux d'enfouissement, stations d'épuration des eaux usées, industries, etc.
Nécessaire	Contaminants	Suivre les sources de contamination et l'évolution des contaminants dans les tissus des bélugas et de leurs proies.	<ul style="list-style-type: none"> - Étudier les sources principales de contamination, le cheminement des contaminants dans le béluga et son milieu et les voies d'exposition du béluga ou de ses proies pour différents groupes de contaminants. - Étudier l'évolution des contaminants dans les tissus des bélugas, des proies clés et des espèces sentinelles, notamment les nouveaux contaminants et publier les résultats.

Niveau de Priorité	Menaces	Stratégies de rétablissement	Mesures
Nécessaire	Contaminants	Poursuivre le nettoyage des sites terrestres et aquatiques contaminés dans le bassin du Saint-Laurent et des Grands Lacs.	- Déterminer les sites prioritaires et utiliser des techniques de décontamination respectueuses de l'environnement pour nettoyer les sites identifiés.
Nécessaire	Contaminants	Poursuivre la coordination des activités de réduction de la pollution, en collaboration avec la Commission mixte internationale.	- Entreprendre des actions avec le Québec, l'Ontario et les États-Unis pour coordonner les efforts de réduction de la pollution dans les Grands Lacs et tout le fleuve Saint-Laurent.
Objectif 2. Réduire le dérangement anthropique			
Essentiel	Dérangement	Déterminer les impacts du dérangement ponctuel ou chronique sur le béluga à court et à long terme.	- Réaliser des études d'impact de la navigation, des AOM, des aéronefs et des projets côtiers et extracôtiers sur les aires fréquentées par le béluga. - Déterminer des mesures de gestion, découlant des études d'impact, visant à réduire le dérangement anthropique.
Essentiel	Dérangement	Étudier les impacts de la pollution sonore sur les bélugas.	- Déterminer les principales sources de bruits de différentes fréquences, faire le suivi de l'exposition des bélugas aux bruits et étudier l'impact de la pollution sonore sur la santé et le comportement. - Déterminer des mesures de gestion découlant des études sur le bruit et visant à réduire la pollution sonore.
Essentiel	Dérangement	Réduire le dérangement anthropique dans les zones de fréquentation intensive.	- Réduire les bruits d'origine anthropique (construction, navigation, exploration gazière, etc.) dans l'estuaire du Saint-Laurent. - Mettre en place des mesures de protection pour les voies de circulation maritimes problématiques pour le béluga. - Réduire le nombre d'incidents (p. ex. : approches dirigées ou cas de harcèlement). - Élaborer un protocole visant l'amélioration du comportement en cas de rencontre fortuite des bateaux avec les bélugas.
Nécessaire	Dérangement	Protéger les bélugas contre le dérangement anthropique sur l'ensemble du territoire fréquenté.	- Réviser, adopter et appliquer le <i>Règlement sur les mammifères marins</i> ainsi que le <i>Règlement sur les activités en mer du PMSSL</i> , afin de mieux protéger les bélugas du dérangement, notamment en maintenant une distance adéquate avec les bateaux.

Niveau de Priorité	Menaces	Stratégies de rétablissement	Mesures
			- Améliorer les patrouilles de surveillance des AOM en période touristique dans le PMSSL et ailleurs dans l'estuaire du Saint-Laurent.
Nécessaire	Dérangement	Mettre en œuvre la stratégie éducative sur les espèces en péril développée au parc marin et étendre sa portée à l'ensemble de l'aire de répartition du béluga.	<ul style="list-style-type: none"> - Identifier les clientèles cibles des campagnes de sensibilisation, élaborer une stratégie de communication et amorcer sa mise en œuvre. - Bonifier la formation pour les capitaines, guides kayakistes et guides-naturalistes pour réduire le dérangement et la rendre obligatoire. - Diffuser les actions de conservation et réaliser des activités d'éducation s'adressant aux résidents locaux. - Créer un programme de reconnaissance des compagnies proposant les observations en mer pour leur respect des bonnes pratiques. - Définir un code de pratiques exemplaires spécifiques à chaque type d'usager navigant sur l'estuaire du Saint-Laurent.
Nécessaire	Dérangement	Améliorer le processus décisionnel pour l'émission de permis de recherche ou autres activités nécessitant des approches à moins de 400 m.	- Mettre en place des règles et un comité décisionnel harmonisé, à guichet unique pour toutes les instances responsables, afin d'évaluer la pertinence, les modalités de réalisation et la délivrance d'un permis pour les activités ciblant les bélugas ou leurs habitats essentiels.
Objectif 3. Assurer des ressources alimentaires accessibles et adéquates au béluga			
Essentiel	Ressource alimentaire	Protéger les sites de fraie, d'alevinage et les voies migratoires des proies clés du béluga.	<ul style="list-style-type: none"> - Renforcer la protection des sites importants pour les proies clés. - Interdire la pêche aux engins mobiles dans l'estuaire moyen du Saint-Laurent et la rivière Saguenay. - Maintenir le moratoire sur les espèces fourragères.
Nécessaire	Ressource alimentaire	Poursuivre les recherches sur le régime alimentaire du béluga.	<ul style="list-style-type: none"> - Étudier le régime alimentaire et les stratégies d'alimentation. - Étudier la disponibilité des proies et les facteurs pouvant en modifier la quantité et la qualité. - Déterminer des mesures de gestion, résultant des études sur la disponibilité des proies et visant à protéger les ressources alimentaires du béluga.

Niveau de Priorité	Menaces	Stratégies de rétablissement	Mesures
Utile	Ressource alimentaire	Prévenir les nouvelles activités de pêche susceptibles d'avoir un impact important sur les bélugas et leurs proies.	- Évaluer les nouvelles pêches en tenant compte des besoins du béluga.
Objectif 4. Atténuer les effets des autres menaces sur le rétablissement de cette population			
Essentiel	Autres dégradations de l'habitat	Développer et mettre en place des mesures de protection adéquates pour les projets côtiers et extracôtiers susceptibles d'avoir un impact dans l'aire de répartition du béluga.	<ul style="list-style-type: none"> - Inclure des mesures de protection dans les projets côtiers et extracôtiers. - Effectuer une évaluation des impacts environnementaux pour tous les projets d'exploration et d'exploitation pétrolière et gazière dans le golfe du Saint-Laurent.
Essentiel	Toutes	Maintenir et améliorer le programme de suivi des carcasses en portant un effort particulier sur la détermination des causes de mortalité.	<ul style="list-style-type: none"> - Améliorer la fiabilité, l'accessibilité de la base de données (depuis 1983) ainsi que le traitement et l'intégration des données. - Publier les résultats du programme sur une base régulière. - Déterminer des mesures de gestion, résultant des études sur les causes de mortalité et visant à réduire les sources de mortalité.
Nécessaire	Empêtrements et collisions	Réduire l'impact des empêtrements dans les engins de pêche et des collisions.	<ul style="list-style-type: none"> - Développer des outils pour détecter et prévenir ces événements. - Assurer le maintien du Réseau québécois d'urgence pour les mammifères marins. - Effectuer un suivi des incidents impliquant les bélugas (collisions, blessures, captures accidentelles, cas de harcèlement).
Nécessaire	Efflorescence, déversement et épizootie	Préparer des plans d'urgence pour le béluga en cas de déversements de produits toxiques, d'efflorescence d'algues toxiques et d'épizootie.	- Préparer ou mettre à jour les plans d'urgence applicables dans l'estuaire du Saint-Laurent.
Utile	Déversement	Informar et sensibiliser les navigateurs (tous types de bateaux) sur la réglementation et les impacts du déversement de matières polluantes.	<ul style="list-style-type: none"> - Mettre en œuvre une campagne de sensibilisation sur la réglementation concernant le déversement de matières polluantes. - Effectuer un suivi du nombre d'incidents.

Niveau de Priorité	Menaces	Stratégies de rétablissement	Mesures
Utile	Efflorescence, déversement et épizootie	Détecter et prévenir les déversements, les efflorescences d'algues toxiques et les épizooties.	- Développer des outils pour détecter et prévenir ces événements.
Utile	Collisions	Réduire le nombre de collisions avec les embarcations, en particulier les embarcations touristiques et de plaisance.	- Réaliser des activités de sensibilisation s'adressant aux capitaines d'embarcations touristiques et de plaisance.
Utile	Nouvelles menaces	Examiner les autres obstacles possibles au rétablissement.	- Si de nouvelles menaces sont identifiées, entreprendre des actions en recherche et en gestion pour en limiter l'impact.
Objectif 5. Protéger l'habitat du béluga sur toute son aire de répartition			
Essentiel	Toutes	Accroître les connaissances sur la répartition saisonnière et les habitats potentiels du béluga.	- Déterminer les zones de fréquentation intensive selon les saisons, les caractéristiques favorables à leur utilisation, les fonctions vitales qu'elles supportent, les habitats potentiels si un élargissement de l'aire de répartition se produisait ainsi que les menaces pesant sur ces zones.
Essentiel	Toutes	Protéger l'habitat du béluga par la mise en œuvre de divers outils légaux.	- Créer des aires marines protégées sur le territoire occupé par les bélugas, telles que la ZPM Estuaire du Saint-Laurent et la réserve aquatique Manicouagan.
			- Protéger les zones de fréquentation intensive dans le PMSSL par la mise en place d'un plan de zonage.
			- Étudier la faisabilité d'étendre les limites du PMSSL, en conformité avec le plan directeur du parc marin (APC et MDDEP, 2010), pour couvrir une portion plus significative de l'aire de répartition estivale du béluga.
Objectif 6. Assurer un suivi régulier de la population de bélugas de l'estuaire du Saint-Laurent			
Essentiel	Toutes	Suivre la population de bélugas du Saint-Laurent.	- Poursuivre les inventaires de population, tous les trois ans au minimum.
			- Entreprendre un suivi du taux de recrutement des juvéniles et des causes de mortalité de ce segment de la population.
			- Maintenir le programme de suivi de la population (répartition, taille, structure, dynamique, organisation sociale, génétique).

2.3.2. Commentaires à l'appui du tableau de planification du rétablissement

Trois menaces au rétablissement du béluga du Saint-Laurent font l'objet d'un objectif de rétablissement spécifique : les contaminants, le dérangement anthropique et la disponibilité des proies. De nombreux produits toxiques issus des produits de consommation moderne et de l'industrialisation, qu'ils soient d'usage passé, actuel ou futur, sont susceptibles de nuire au rétablissement du béluga du Saint-Laurent soit en interférant avec ses fonctions vitales, soit en provoquant des pathologies éventuellement mortelles pour les bélugas. La réduction des contaminants est donc un objectif prioritaire pour assurer le rétablissement de la population de bélugas du Saint-Laurent. Quant au dérangement anthropique, l'estuaire du Saint-Laurent est une voie de navigation importante pour la marine marchande et de plaisance, y compris pour les activités d'observation en mer. Les risques de dérangement par les différentes embarcations ou par le bruit généré par les activités humaines sont importants d'où la nécessité de proposer des approches pour tenter de réduire le dérangement anthropique. Plusieurs stocks de poissons présents dans l'estuaire du Saint-Laurent ont grandement diminué dans les dernières décennies. Malgré un régime alimentaire varié, il est possible que les proies du béluga ne se trouvent plus en quantité et en qualité suffisantes pour permettre une augmentation de la population de bélugas dans l'estuaire. Assurer au béluga des ressources alimentaires accessibles et adéquates est donc un objectif du programme de rétablissement.

Les autres menaces au rétablissement du béluga du Saint-Laurent ont été condensées dans le quatrième objectif intitulé « Atténuer les conséquences des autres menaces sur le rétablissement de cette population ». Il est très important de proposer des approches pour contrer toutes les menaces et de rester vigilant afin de soulever toute nouvelle menace. Il est également primordial de mieux comprendre l'utilisation de l'habitat par cette espèce afin de protéger les zones du Saint-Laurent qui sont importantes. Le béluga du Saint-Laurent occupe des habitats différents en fonction des saisons et les caractéristiques qui entraînent l'utilisation de ces habitats ainsi que les fonctions vitales qu'elles supportent sont peu connues.

Finalement, malgré l'interdiction de la chasse, la croissance de la population de bélugas de l'estuaire du Saint-Laurent reste faible. Le suivi de l'état de la population, et en particulier le taux de mortalité des juvéniles, permettra de s'assurer que les approches proposées pour le rétablissement sont efficaces. Ce suivi est aussi nécessaire pour identifier ou mieux comprendre les menaces les plus importantes envers cette population afin de proposer des actions pour les atténuer ou les éliminer.

2.4 Habitat essentiel

La *Loi sur les espèces en péril* prévoit lors de la rédaction d'un programme de rétablissement « la désignation de l'habitat essentiel de l'espèce dans la mesure du possible, en se fondant sur la meilleure information accessible, [...], et des exemples d'activités susceptibles d'entraîner sa destruction » (alinéa 41(1)c)). Le but de cette désignation est de faciliter la protection de l'habitat essentiel du béluga du Saint-Laurent des activités humaines qui pourraient le détruire et ainsi compromettre la survie et le rétablissement de cette espèce.

En vertu de la *Loi sur les espèces en péril*, l'habitat essentiel d'une espèce est défini comme « l'habitat nécessaire à la survie ou au rétablissement d'une espèce sauvage inscrite, qui est désigné comme tel dans un programme de rétablissement ou un plan d'action élaboré à l'égard de l'espèce » (paragraphe 2(1)). De plus, la LEP définit l'habitat pour les espèces aquatiques en péril comme « les frayères, aires d'alevinage, de croissance et d'alimentation et routes migratoires dont sa survie dépend, directement ou indirectement, ou aires où elle s'est déjà trouvée et où il est possible de la réintroduire » (paragraphe 2(1)).

Pour le béluga, population de l'estuaire du Saint-Laurent, l'habitat essentiel est désigné dans la mesure du possible et en se basant sur la meilleure information disponible. L'habitat essentiel désigné dans ce programme de rétablissement est nécessaire pour la survie et le rétablissement de cette espèce. Cependant, le manque d'information ne permet pas d'établir si cet habitat est suffisant pour atteindre les objectifs en matière de population et de répartition. En particulier, les connaissances reliées aux composantes de l'habitat essentiel et leurs caractéristiques qui supportent les fonctions vitales, sont insuffisantes. Le calendrier des études donne un aperçu des recherches qui sont requises pour raffiner les connaissances sur l'habitat essentiel, et pour compléter la désignation de l'habitat essentiel de façon générale afin de supporter les objectifs en matière de population et de répartition.

2.4.1 Information et méthode utilisées pour désigner l'habitat essentiel

Dans le but de désigner l'habitat essentiel du béluga du Saint-Laurent, toute l'information disponible sur les exigences du béluga en matière d'habitat, ses proies, sa répartition saisonnière ainsi que l'utilisation et les caractéristiques de son habitat, a été revue (Mosnier et coll., 2009). Les sources d'information revues proviennent des domaines universitaire, gouvernemental et non-gouvernemental. Cette compilation de la littérature a été intégrée dans un avis scientifique sur la désignation de l'habitat essentiel qui a été revu par des experts en mammifères marins et publié (MPO, 2009a). La désignation de l'habitat essentiel a par la suite fait l'objet de discussions en mai 2010 au sein de l'équipe de rétablissement du béluga du Saint-Laurent qui comprend notamment des experts sur les mammifères marins. À la lumière des informations disponibles ainsi que l'avis scientifique (MPO, 2009a), l'équipe de rétablissement a recommandé de désigner l'habitat essentiel tel que présenté dans ce programme.

Les connaissances sur l'utilisation de son habitat par le béluga portent surtout sur l'utilisation actuelle de l'habitat en période estivale. L'utilisation originelle et celle actuelle, en hiver, sont moins bien connues. Les connaissances actuelles suggèrent une ségrégation spatiale des bélugas basée sur le sexe et la classe d'âge des individus qui semble typique chez cette espèce durant l'été. L'estuaire moyen, où les femelles accompagnées de veaux et de juvéniles se concentrent, est probablement un habitat important pour le soin des jeunes et la mise bas. Toutefois, les raisons de cette ségrégation sexuelle et les caractéristiques de l'habitat qui sont essentielles à la survie des femelles, des veaux et des juvéniles dans ce secteur ne sont pas clairement définies. L'habitat essentiel pour le béluga du Saint-Laurent est désigné en se basant sur l'aire de répartition estivale des femelles et leur veau, puisque cet habitat supporte la fonction de mise bas et d'élevage des veaux et donc la survie des juvéniles. Une hypothèse sur la difficulté de survie des juvéniles ayant été soulevée pour expliquer l'absence de rétablissement depuis l'arrêt de la chasse, le Ministre de Pêches et Océans Canada considère que cet habitat est nécessaire à la

survie et au rétablissement du béluga. La portion nord de l'estuaire maritime est connue comme étant utilisée pour l'alimentation par des groupes d'adultes seulement, qui ne possèdent pas un attachement aussi fort envers cet habitat que les groupes de femelles accompagnés de veaux et juvéniles envers leur habitat d'estivage. Les groupes d'adultes seulement démontrent une plus grande mobilité pour s'alimenter et occupent vraisemblablement un plus grand territoire même en été. L'utilisation de ce territoire par le béluga devra faire l'objet d'études plus approfondies tel que précisé dans le calendrier des études visant à compléter la désignation de l'habitat essentiel (tableau 5).

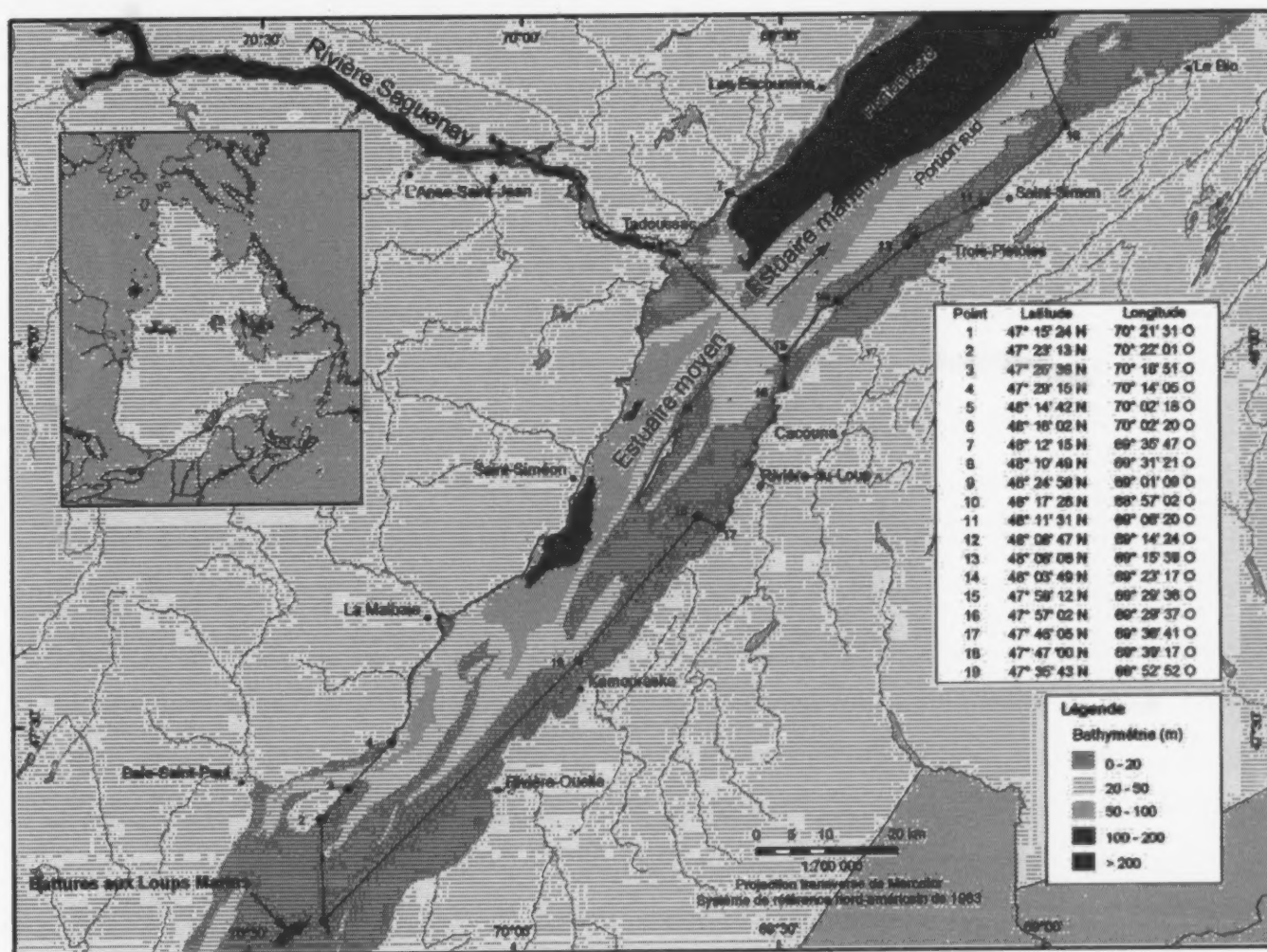


Figure 9. Habitat essentiel du béluga du Saint-Laurent. Il s'étend des battures aux Loups Marins jusqu'à la portion sud de l'estuaire au large de Saint-Simon. Il inclut la portion aval de la rivière Saguenay. En médaillon, la localisation du secteur au Québec.

2.4.2 Description de l'habitat essentiel

L'habitat essentiel a été désigné selon l'approche de la zone d'occupation et correspond à l'aire de répartition estivale des groupes composés d'adultes accompagnés de nouveau-nés et de juvéniles, soit l'estuaire moyen, des battures aux Loups-Marins jusque dans le Saguenay, et la portion sud de l'estuaire maritime (figure 9). L'habitat essentiel inclut toute l'aire illustrée à la figure 9.

L'environnement qui règne dans l'habitat essentiel du béluga est favorable à sa présence continue grâce aux processus océanographiques qui mènent aux remontées d'eaux froides riches en minéraux et à la productivité élevée. Le schéma de répartition du béluga au sein de son aire d'estivage reflète probablement les besoins écologiques et comportementaux des différents groupes sociaux. L'été, soit de juin à octobre, on observe un phénomène de regroupement par sexe et par classe d'âge. Dans le Saint-Laurent, on peut observer ce phénomène dans les secteurs suivants : l'estuaire moyen pour les groupes composés des femelles adultes accompagnées de nouveau-nés et de juvéniles et la partie nord de l'estuaire maritime pour les groupes d'adultes seulement (figure 6). Les femelles montrent un attachement très fort à leur habitat d'estivage, caractérisé par l'abondance de proies et une bathymétrie peu profonde (tableau 4), vers lequel elles reviennent chaque été. La fonction de mise bas et d'élevage des jeunes, enjeu fondamental dans la survie et le rétablissement de cette population menacée, a lieu au sein de l'habitat essentiel désigné et délimité à la figure 9 (Mosnier et coll., 2009; MPO, 2009a). L'élevage des jeunes requiert un accès à des ressources alimentaires de qualité et un environnement permettant la communication. L'utilisation d'eaux moins profondes par les femelles, les nouveau-nés et les juvéniles pourrait réduire les risques de prédation et assurer l'accès à des ressources alimentaires adéquates pour les plus petits individus dont les capacités de plongée sont réduites.

Bien que les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques qui rendent ces habitats nécessaires à la survie et au rétablissement du béluga soient peu connues, l'utilisation en été par les femelles et leur veau et la fidélité de ceux-ci à l'estuaire moyen, la rivière Saguenay et la portion sud de l'estuaire maritime renforcent le caractère essentiel de ces zones (MPO, 2009a).

Tableau 4. Sommaire des fonctions vitales, composantes et caractéristiques de l'habitat essentiel du béluga du Saint-Laurent

Localisation	Fonctions	Composantes	Caractéristiques
Estuaire moyen (battures aux Loups Marins jusqu'à la rivière Saguenay) Rivière Saguenay (de l'embouchure jusqu'à la baie Sainte- Marguerite) Estuaire maritime (portion sud)	Mise bas, allaitement, alimentation, élevage des jeunes, socialisation, migration saisonnière	Disponibilité des proies	Abondance et qualité de proies (p. ex. capelan, hareng Atlantique, lançon d'Amérique, éperlan arc- en-ciel)
		Processus océanographiques qui mènent aux conditions telles que les remontées d'eaux froides riches en minéraux et à la productivité élevée	
		Bathymétrie peu profonde	Profondeur de <100m
		Environnement acoustique adéquat	À titre indicatif seulement : <120 dB sources continues <160 dB sources à impulsions

2.4.3. Calendrier des études visant à désigner l'habitat essentiel

L'alinéa 41(1) c.1 de la LEP prévoit « *un calendrier des études visant à désigner l'habitat essentiel lorsque l'information accessible est insuffisante* ». Le présent programme inclut la désignation de l'habitat essentiel du béluga du Saint-Laurent dans la mesure du possible et en se basant sur la meilleure information disponible. D'autres travaux seront nécessaires afin de désigner l'habitat essentiel qui permettra d'atteindre les objectifs de population et de répartition. L'habitat fréquenté par le béluga en dehors de la zone comprise entre Kamouraska et Rimouski a été peu étudié et il est impossible actuellement de déterminer s'il est essentiel à la survie et au rétablissement de la population. De plus, l'habitat préférentiel du béluga en dehors de la période estivale est peu connu. Plus d'informations sont également nécessaires sur les caractéristiques de l'habitat essentiel afin de s'assurer qu'ils sont en qualité et quantité suffisantes pour supporter les processus vitaux de l'espèce. En particulier, une compréhension plus précise des caractéristiques est requise pour mieux comprendre les besoins du béluga envers l'environnement acoustique et les différentes caractéristiques biophysiques (topographie sous-marine, courants, température de l'eau, salinité, oxygène, pH, sels nutritifs, régime ou débit d'eau douce et turbidité) susceptibles d'influencer la présence des bélugas et de leurs proies.

Le calendrier d'étude présenté dans le tableau 5 prévoit les activités de recherche qui seront nécessaires afin de définir tout l'habitat essentiel du béluga du Saint-Laurent qui permettra

d'assurer les objectifs de population et de répartition.

Tableau 5. Calendrier d'études visant à désigner l'habitat essentiel

Description de l'activité	Résultat/justification	Échéance
Mieux définir les zones de fréquentation estivale du béluga et leurs caractéristiques en amont de Kamouraska et La Malbaie, et en aval de Rimouski et Forestville.	Désigner l'habitat essentiel du béluga en dehors de la zone principalement étudiée. S'assurer que l'habitat essentiel désigné supporte tous les processus vitaux et rencontre les objectifs de population et de répartition.	2016
Définir les zones de fréquentation du béluga en dehors de la saison estivale.	Désigner l'habitat essentiel du béluga en dehors de la saison estivale. S'assurer que l'habitat essentiel désigné supporte tous les processus vitaux et rencontre les objectifs de population et de répartition.	2016
Définir les caractéristiques de l'habitat essentiel désigné.	Lier les caractéristiques biophysiques de l'habitat essentiel aux fonctions vitales qu'il supporte.	2016

2.4.4. Exemples d'activités susceptibles de détruire l'habitat essentiel

La destruction est ainsi définie :

« La destruction de l'habitat essentiel aura lieu si une partie de cet habitat est dégradé de façon permanente ou temporaire, à un point tel que l'habitat essentiel n'est plus en mesure d'assurer ses fonctions lorsque celles-ci sont requises par l'espèce. La destruction peut découler d'une ou plusieurs activités à un moment donné ou de leurs effets cumulés au fil du temps. »

Aux termes de la LEP, l'habitat essentiel doit légalement être protégé contre la destruction une fois qu'il a été désigné comme tel. Cette protection sera assurée par un arrêté pris au titre de l'article 58, qui interdira la destruction de l'habitat essentiel désigné, sauf si elle est autorisée par le ministre de Pêches et Océans Canada, en application des conditions de la LEP.

Étant donné que l'utilisation de l'habitat varie dans le temps, chaque activité doit être évaluée individuellement et des mesures d'atténuation spécifiques doivent être appliquées lorsque efficaces et disponibles. La liste des activités présentées dans le tableau ci-dessous (tableau 6) n'est pas exhaustive. Elle découle directement de la section 1.5 « Menaces » de ce programme de rétablissement. L'absence de cette liste d'une quelconque activité humaine ne peut empêcher ou entraver l'habileté du ministère à la réglementer en vertu de la LEP. De plus, l'inclusion d'une activité dans cette liste ne résulte pas automatiquement en son interdiction, puisque c'est la destruction de l'habitat essentiel qui est interdite et non l'activité. Les activités susceptibles de détruire l'habitat essentiel sont celles qui produisent de forts bruits et celles qui pourraient détruire les caractéristiques de l'habitat susceptibles d'influencer significativement l'abondance des proies.

Une pollution sonore excessive pourrait empêcher les bélugas d'accomplir des fonctions vitales et constituerait donc une destruction de l'habitat essentiel. Bien que la limite de la dégradation acoustique constituant une destruction de l'habitat essentiel du béluga dans l'estuaire du Saint-Laurent n'ait pas été déterminée, la littérature scientifique (Richardson et coll., 1990; Richardson et coll., 1995) et le National Marine Fisheries Services des États-Unis (NMFS, 2003) établissent le seuil de dérangement des mammifères marins à 120 dB pour les sources continues et 160 dB pour les sources à impulsions, tandis qu'ils établissent un seuil de dommages physiques à 180 dB. Ces seuils, cités ici à titre indicatif seulement, peuvent varier selon divers facteurs comme la fréquence des sons ou les conditions océanographiques.

Une baisse notable de la disponibilité des proies du béluga en quantité et en qualité suffisantes dans son habitat essentiel porterait atteinte à la capacité de cet habitat à assurer l'alimentation de la population. La topographie sous-marine, les courants, la température de l'eau, la salinité, l'oxygène, le pH, les sels nutritifs, le régime ou le débit d'eau douce et la turbidité sont susceptibles d'influencer la présence des proies du béluga. Les entraves à la migration des proies peuvent affecter leur quantité et disponibilité.

Tableau 6. Exemple d'activités susceptibles de détruire l'habitat essentiel

Activités	Séquence des effets	Fonction perturbée	Caractéristiques perturbées
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sonars commerciaux ou militaires ▪ Construction ▪ Dragage 	Activités qui peuvent produire une pollution sonore excessive (fréquence et intensité)	Soins aux jeunes Socialisation Alimentation	Environnement acoustique adéquat (par exemple, <120 dB sources continues, <160 dB sources à impulsions)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Construction ▪ Dragage 	Perturbation ou destruction des caractéristiques susceptibles d'influencer la présence des proies	Alimentation	Abondance, disponibilité et qualité de proies (p. ex. capelan, hareng Atlantique, lançon d'Amérique, éperlan arc-en-ciel)

2.5 Lacunes dans les connaissances

Bien que plusieurs menaces aient été décrites, seules quelques unes ont fait l'objet de recherches intensives, comme les contaminants, tandis que plusieurs autres demeurent hypothétiques. Par conséquent, il est prioritaire d'entreprendre ou de continuer les recherches sur l'état de la population et les facteurs limitant sa croissance. Voici une liste non exhaustive des principaux besoins en recherche afin de pleinement mettre en œuvre ce programme de rétablissement :

Biologie et écologie

- Dynamique de population (en particulier le taux de survie des juvéniles)
- Répartition et comportement saisonniers (en particulier hors de la saison estivale)
- Structure sociale et stratégies de reproduction
- Régime alimentaire et besoins énergétiques

Habitat

- Répartition, abondance, qualité, habitat, biologie et menaces des proies clés du béluga

Menaces

- Gamme complète des contaminants environnementaux anthropiques auxquels les bélugas et leurs proies sont exposés, dans le temps et dans l'espace; attention particulière portée à la détermination des sources, notamment les nouveaux composés, et de leurs effets sur les bélugas, leurs proies et leur habitat
- Effets à court et à long terme du dérangement tant en matière de bruit que de proximité physique des activités humaines
- Source d'origine anthropique des agents pathogènes
- Fréquence et intensité des collisions avec les bateaux et des empêtements
- Mesures d'atténuation des menaces
- Autres obstacles au rétablissement
- Effets des changements climatiques sur l'impact des menaces au rétablissement

Comme mentionné dans une section précédente, plusieurs programmes de recherche et de suivi sont actuellement en cours pour approfondir les connaissances sur les menaces au rétablissement du béluga du Saint-Laurent, pour mieux connaître l'état de la population et pour évaluer les mesures de gestion en place ou à développer. Il est important de poursuivre ces activités de recherche en donnant priorité aux menaces actuelles, potentielles ou anticipées qui affectent ou risquent d'affecter l'ensemble de la population de bélugas du Saint-Laurent. De plus, une bonne évaluation de l'impact des menaces au rétablissement nécessite une meilleure compréhension de la dynamique de population, notamment le recrutement de juvéniles et l'utilisation saisonnière de l'habitat. Les activités de recherche visant à compléter la désignation de l'habitat essentiel sont identifiées à la section 2.4.3 *Calendrier des études visant à désigner l'habitat essentiel*.

2.6 Progrès vers le rétablissement

Les indicateurs de rendement présentés ci-dessous proposent un moyen de définir et de mesurer les progrès vers l'atteinte des objectifs en matière de population et de répartition. Les progrès précis réalisés en vue de la mise en œuvre du programme de rétablissement seront mesurés par rapport aux indicateurs définis dans les plans d'action ultérieurs.

- Augmentation de la taille de la population
- Augmentation du nombre d'individus matures à 1 000 bélugas adultes
- Augmentation de l'étendue de l'aire de répartition
- Augmentation du taux d'accroissement de la population
- Maintien du pourcentage de nouveaux-nés
- Diminution du taux de mortalité des juvéniles

2.7 Énoncé sur les plans d'action

Un plan d'action pour la population de bélugas de l'estuaire du Saint-Laurent sera élaboré d'ici cinq ans, soit au plus tard en 2016.

ANNEXE 1. ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT

Membres actuels de l'équipe de rétablissement du béluga, population de l'estuaire du Saint-Laurent

Alain Armellin	Environnement Canada
Pierre Béland	Institut National d'Écotoxicologie du Saint-Laurent
David Berryman	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec
Hugues Bouchard	Pêches et Océans Canada
Guy Cantin	Pêches et Océans Canada
Catherine Couillard	Pêches et Océans Canada
Michel Fournier	INRS, Institut Armand-Frappier
Édouard Hamel	Croisière AML
Isabelle Gauthier	Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec
Michel Lebeuf	Pêches et Océans Canada
Véronique Lesage	Pêches et Océans Canada
Lena Measures	Pêches et Océans Canada
Nadia Ménard	Agence Parcs Canada, Parc Marin du Saguenay-Saint-Laurent
Robert Michaud	Groupe de recherche et d'éducation sur les mammifères marins
Hélène Pinard	Rio Tinto Alcan
Tom Smith	EMC Corporation
Chantale Thiboutot	Pêches et Océans Canada
Tonya Wimmer	Fonds mondial pour la Nature (Canada)

ANNEXE 2. CONTAMINANTS

Cette annexe propose un survol des principaux groupes de composés chimiques, principalement d'origine anthropique que l'on retrouve dans l'habitat du béluga. Certains contaminants sont persistants dans l'environnement : un composé est considéré comme persistant lorsque sa demi-vie (temps pour que la concentration diminue de moitié) est plus de deux mois dans l'eau ou six mois dans les sédiments (selon l'annexe D de la convention de Stockholm). De plus, les composés chimiques qui sont solubles dans les graisses ont tendance à se bioaccumuler dans les tissus adipeux et à se bioamplifier dans la chaîne alimentaire. D'autres contaminants ne sont pas ou peu persistants et ne se bioaccumulent pas, ou peu, dans le biote. Entre ces deux catégories on trouve certains contaminants qui peuvent se bioaccumuler sans se bioamplifier (par exemple le plomb), soit se bioaccumuler sous la forme d'une molécule organique (par exemple le mercure). Les bélugas sont exposés aux produits chimiques par le biais de leur diète ou de leur milieu.

Les proies du béluga constituent la source première de contamination, mais l'eau, l'air et les sédiments représentent aussi des sources potentielles. Il est difficile d'établir des tendances claires en ce qui a trait aux concentrations des contaminants chez les individus, puisqu'il y a une grande variabilité individuelle, et ce, même chez des individus de même âge et de même sexe (Muir et coll., 1996a; Lebeuf et coll., 2001). Cette différence pourrait être attribuable à des variabilités de la taille, du taux de croissance, de la proportion de graisse, de l'efficacité énergétique, de la capacité d'assimilation des contaminants provenant de la diète et évidemment de l'historique d'exposition aux contaminants (Hickie et coll., 1999). Les mâles et les femelles présentent des concentrations différentes de plusieurs contaminants. Cette disparité peut s'expliquer par le transfert de contaminants de la mère à son veau (Addison et Brodie, 1977) et possiblement par les dissimilitudes du régime alimentaire entre les mâles et les femelles (Lesage et coll., 2001; Nozères, 2006). Plusieurs contaminants sont liposolubles et s'accumulent dans les tissus graisseux. Lors de la gestation et de l'allaitement, ces tissus sont sollicités et les femelles de plusieurs espèces de mammifères marins transmettent une partie de leurs contaminants à leurs veaux (Addison et Stobo, 1993; Gauthier et coll., 1998; Hickie et coll., 1999). Ainsi les nouveau-nés présentent des concentrations élevées en contaminants, et ce, pendant des périodes critiques de leur croissance que sont le développement des systèmes endocriniens, immunitaires et nerveux (Colborn et Smolen, 1996; Gauthier et coll., 1998).

Les concentrations de la plupart des contaminants dans les tissus des bélugas du Saint-Laurent sont largement supérieurs à ceux mesurés chez les bélugas de l'Arctique (Massé et coll., 1986; Martineau et coll., 1987; Muir et coll., 1990; Ray et coll., 1991; McKinney et coll., 2006). Ceci s'explique en grande partie par la proximité des sources (Lebeuf et Nunes, 2005).

Les composés organochlorés (OC)

Les organochlorés sont pour la plupart des polluants organiques persistants (POP). Ils ont été synthétisés principalement pour un usage dans l'industrie et en agriculture. Leur effet sur l'environnement ainsi que la formation de sous-produits toxiques a amené plusieurs pays à réglementer ou simplement bannir l'usage de ces composés. Ratifiée en 2004 par plus de cent pays, dont le Canada, la convention de Stockholm sur les POP est un accord qui vise à interdire ou restreindre l'usage de douze composés organochlorés : biphényles polychlorés (BPC),

dichloro-diphényle-trichloroéthane (DDT), aldrine, chlordane, dieldrine, endrine, heptachlore, hexachlorobenzène, mirex, toxaphène, dioxines et furannes. Malgré la réglementation et la restriction de l'usage, les composés organochlorés et leurs sous-produits se retrouvent encore dans le béluga de l'estuaire du Saint-Laurent (revue dans Lebeuf, 2009). Les concentrations de certains composés organochlorés retrouvées chez les bélugas du Saint-Laurent tendent à être plus élevées, jusqu'à cent fois plus élevées selon les contaminants, que chez les bélugas de l'Arctique (Martineau et coll., 1987; Muir et coll., 1990; Béland et coll., 1993; McKinney et coll., 2006). Pris collectivement, les OC sont connus pour leur capacité d'altération des fonctions endocriniennes, reproductives, immunitaires, métaboliques et neurologiques chez plusieurs espèces (De Guise et coll., 1995; Kingsley, 2002). De plus, l'effet de synergie des OC, l'exposition à long terme, le stress, les autres problèmes de santé, un mauvais état de nutrition et une exposition fœtale sont des facteurs qui peuvent rendre le béluga vulnérable, même à de faibles concentrations. Les effets sur le système endocrinien pourraient avoir des conséquences graves sur la santé des bélugas, car ce système joue un rôle crucial dans la croissance, le développement et la régulation des fonctions métaboliques de l'individu (Colborn et coll., 1993). Une altération de la réponse immunitaire peut donner l'opportunité à un agent pathogène d'envahir certains organes et de provoquer des maladies. La gravité de ces effets sur le nouveau-né dépend grandement du moment de l'exposition; il est à noter que ces effets peuvent être différents entre la mère et le fœtus. Certains auteurs ont suggéré que les concentrations élevées d'organochlorés pourraient être responsables de la stagnation apparente de la croissance de la population de bélugas du Saint-Laurent (Massé et coll., 1986; Martineau et coll., 1987; Béland et coll., 1992; Hammill et coll., 2007). Cependant, les effets directs et indirects des organochlorés sur les bélugas sont peu connus.

Les pesticides organochlorés

Le dichloro-diphényle-trichloroéthane (DDT) est un pesticide désormais prohibé en Amérique du Nord, mais largement utilisé par le passé. Bien que l'usage du DDT soit interdit au Canada depuis 1978, le Saint-Laurent continue d'être pollué par des sources récentes. Ces sources proviennent notamment des eaux de lixiviation de certains dépotoirs, de l'évaporation du DDT provenant de sols contaminés qui peut ainsi voyager sur de longues distances par voie atmosphérique, de l'incinération des déchets municipaux ainsi que de l'érosion des sols et des sédiments imprégnés de DDT (Pham et coll., 1993). Plusieurs auteurs ont mesuré les niveaux de DDT (ou les sous-produits dichlorodiphényldichloroéthane ou dichlorodiphényléthane, DDD et DDE) dans les bélugas du Saint-Laurent (Massé et coll., 1986; Muir et coll., 1996a; Metcalfe et coll., 1999; Lebeuf et coll., 2007). Les mâles présentent en général des taux de DDT plus élevés que les femelles (Martineau et coll., 1987; Muir et coll., 1996a; Letcher et coll., 2000). Lebeuf et coll. (2007) ont rapporté une diminution des niveaux de DDT dans les tissus du béluga du Saint-Laurent entre 1987 et 2002, quoique la diminution du DDE (un métabolite du DDT) n'ait été observée que chez les femelles. Le DDT et ses métabolites sont considérés comme des perturbateurs endocriniens chez plusieurs espèces (Subramanian et coll., 1987; Bernard et coll., 2007; Leañós-Castañeda et coll., 2007).

Le **toxaphène** est un mélange complexe d'au moins 1 000 composés, utilisé comme pesticide principalement dans le sud des États-Unis et le nord du Mexique dans les années 1970, en remplacement du DDT. Il a été le pesticide le plus largement utilisé aux États-Unis au milieu des

années 1970. Prohibé au Canada et aux États-Unis depuis le début des années 1980, il demeure un contaminant préoccupant à cause de sa persistance, de sa volatilité et de sa capacité à se bioaccumuler dans les organismes. On le retrouve dans les tissus des bélugas du Saint-Laurent, mais les concentrations ont tendance à décroître depuis 1987 (Gouteux et coll., 2003; Lebeuf et coll., 2007). Les bélugas de l'Arctique et ceux de l'estuaire présentent des taux de toxaphène similaires, ce qui suggère un transport atmosphérique plutôt qu'une source locale dans les Grands Lacs ou le fleuve (Muir et coll., 1996a; MacLeod et coll., 2002). Les concentrations mesurées ont tendance à être plus élevées chez les bélugas mâles (Muir et coll., 1996a; Gouteux et coll., 2003; Hobbs et coll., 2003). Le toxaphène est reconnu comme perturbateur de la glande thyroïde et comme étant hépatotoxique et immunotoxique chez plusieurs espèces animales (IPCS, 2001). Les concentrations de toxaphène sont relativement faibles, mais puisqu'il se révèle être 2 à 6 fois plus toxique que le DDT, il est important de le considérer comme un contaminant majeur dans l'estuaire du Saint-Laurent (Gouteux et Lebeuf, 2000).

Le **chlordan**e a été utilisé comme insecticide des années 1950 jusqu'au début des années 1990, en particulier pour le contrôle des termites. Le chlordan a été détecté dans les tissus du béluga du Saint-Laurent (Muir et coll., 1990; Muir et coll., 1996a; Metcalfe et coll., 1999; Hobbs et coll., 2003). Lebeuf et coll. (2007) n'ont rapporté aucune tendance significative des concentrations de chlordan chez les bélugas adultes entre 1987 et 2002. Le chlordan est connu pour sa toxicité pour les poissons (IPCS, 1984a).

Le **mirex** est un autre pesticide organochloré interdit depuis la fin des années 1970 et retrouvé dans les tissus des bélugas du Saint-Laurent (Muir et coll., 1996a; Metcalfe et coll., 1999). Le mirex est une molécule fortement chlorée et extrêmement stable, utilisée comme pesticide et comme ignifugeant aux États-Unis. La source principale de mirex dans l'estuaire du Saint-Laurent est le lac Ontario dont les sédiments ont été contaminés par deux producteurs de ce pesticide situés aux États-Unis (Kaiser, 1978). Les concentrations de ce pesticide dans le lard des bélugas semblent ne pas avoir varié au cours des dernières décennies (Lebeuf et coll., 2007). Les anguilles en provenance du lac Ontario ont pu constituer la source principale de mirex pour les bélugas du Saint-Laurent (Hodson et coll., 1994; Gagnon et Bergeron, 1997). Ce contaminant est un des rares organochlorés pour lesquels les concentrations chez les mâles sont semblables à celles des femelles (Muir et coll., 1996b; Lebeuf, 2009). Le mirex est reconnu comme étant toxique pour les organismes aquatiques (Canada, 1977; IPCS, 1984b).

Le lindane, ingrédient actif du **hexachlorocyclohexane** (HCH), insecticide interdit aux États-Unis et au Canada, est encore utilisé aujourd'hui comme médicament, notamment pour traiter les poux. L'**hexachlorobenzène** (HCB) est un fongicide dont l'utilisation a cessé au milieu des années 1970. Les taux de HCH et de HCB auraient diminué entre 1987 et 2002 chez le béluga du Saint-Laurent selon Lebeuf et coll. (2007) et Muir et coll. (1996b). Le lindane affecterait le système nerveux et provoquerait des altérations histologiques chez les poissons (IPCS, 1991; Pesce et coll., 2008). Le HCB quant à lui, est reconnu comme cancérigène chez les animaux de laboratoire et peut affecter plusieurs organes, notamment le foie (IPCS, 1997; Plante et coll., 2007; Reed et coll., 2007).

La **dieldrine**, l'**endrine** et l'**aldrine** sont des insecticides organochlorés persistants qu'on retrouve dans les tissus des bélugas (Muir et coll., 1996a; Hobbs et coll., 2003). L'utilisation de

ces pesticides a été réduite au milieu des années 1970 et leurs usages ont cessé d'être homologués au Canada à partir de 1991. Muir et coll. (1996a) ont montré que les concentrations restent stables chez les bélugas mâles tandis qu'elles ont diminué chez les femelles entre 1986 et 1994. Ces composés sont considérés comme très toxiques pour les organismes aquatiques et des études sur des animaux en laboratoire ont mis en évidence leur hépatotoxicité (IPCS, 1989, 1992a).

Les dioxines et les furannes

Les dioxines et les furannes constituent les contaminants les plus toxiques même à de faibles concentrations. Les **polychlorodibenzo-*p*-dioxines** sont des produits secondaires de réactions chimiques émises principalement par les incinérateurs de déchets, l'industrie du papier et des plastiques, la sidérurgie, la fabrication de pesticides et la combustion des carburants. Elles peuvent également être d'origine naturelle dans le cas d'éruptions volcaniques et de feux de forêt. Lorsqu'elles sont introduites dans l'environnement, les dioxines résistent à la biodégradation de nombreuses années. Les **polychlorodibenzo-*p*-furannes** sont émises lors de l'incinération de BPC. Les concentrations de dioxines et de furannes mesurées dans les tissus des bélugas du Saint-Laurent sont très faibles ou inexistantes (Muir et coll., 1996a). Les faibles concentrations retrouvées également chez le narval (*Monodon monoceros*) et l'épaulard (*Orcinus orca*) laissent croire que certains odontocètes possèderaient une enzyme permettant de métaboliser ces contaminants (Ono et coll., 1987; Muir et coll., 1996a; Norstrom et coll., 1990). Il ne faudrait toutefois pas écarter les préjudices possibles attribuables à l'exposition aux dioxines et aux furannes. La nocivité des dioxines s'exprime à des doses infiniment petites (Boening, 1998).

Les biphényles polychlorés (BPC)

Les **BPC** constituent un groupe de 209 composés similaires (congénères) qui sont ignifuges, lubrifiants et non conducteurs d'électricité. Ces caractéristiques ont favorisé leur utilisation dans l'industrie de l'électricité. La production des BPC a culminé vers 1970 et cessé en 1979. Même si on a mis fin à la production des BPC, des terrains contaminés et des sites d'enfouissement agissent encore aujourd'hui comme sources. L'utilisation des BPC est encore permise dans les systèmes clos tels que les transformateurs. Une bonne partie des BPC retrouvés chez les bélugas du Saint-Laurent proviendraient du lac Ontario (Gagnon et Bergeron, 1997).

Les bélugas ne métabolisent pas les différents types de BPC avec la même efficacité et dans certains cas, la dégradation des contaminants par l'organisme peut produire des métabolites qui sont parfois plus toxiques que les composés originaux. Cependant, on a observé une diminution des concentrations dans le lard des bélugas du Saint-Laurent depuis 1987 (Muir et coll., 1996b; Lebeuf et coll., 2007). Parmi les congénères des BPC, certains sont d'une toxicité inquiétante, responsables de la plupart des effets toxiques provenant des mélanges commerciaux de BPC. Ici encore, mêmes à de faibles concentrations, certains de ces contaminants se révèlent hautement toxiques. Les BPC sont reconnus comme étant des perturbateurs endocriniens, des agents neurotoxiques, des immunosuppresseurs et sont cancérogènes pour la faune en général (IARC, 1978; Hall et coll., 1992; IPCS, 1992b; De Guise et coll., 1995; McKinney et coll., 2004). Jauniaux et Coignoul (2001) mentionnent que le rôle de la pollution marine et plus

particulièrement des BPC dans l'apparition des épizooties à *Morbillivirus* chez les mammifères marins est sujet à de nombreuses controverses, certains auteurs considérant que les BPC interviennent dans la sévérité des épizooties de ce type de virus, alors que d'autres n'attribuent pas de rôle aux contaminants dans la propagation des *Morbillivirus* puisqu'ils sont particulièrement virulents (O'Shea, 2000; Ross et coll., 2000).

Les Tris(4-chlorophényles)

Les **Tris(4-chlorophényles)** sont parmi les contaminants environnementaux les plus récemment identifiés dans plusieurs maillons de la chaîne alimentaire. Leur source est inconnue et ils ne sont pas réglementés. Dans l'estuaire du Saint-Laurent, ces composés organochlorés se retrouvent dans les bélugas et dans les phoques en concentrations importantes (Lebeuf et coll., 2001; Lebeuf et coll., 2007). L'impact sur la santé des mammifères marins des tris(4-chlorophényles) reste encore peu documenté. Certaines études poussent à croire qu'ils soient des perturbateurs endocriniens comme les autres organochlorés (Poon et coll., 1997; Foster et coll., 1999). Une étude sur plusieurs espèces de phoques a montré le potentiel élevé de bioamplification de ces composés chez les mammifères marins (Watanabe et coll., 1999).

Les paraffines chlorées (PC)

Les polychloro-n-alkanes, aussi nommés **paraffines chlorées**, sont populaires dans l'industrie à cause de leurs propriétés lubrifiantes, ignifuges, plastifiantes et anticorrosives. Elles sont classifiées selon la longueur de la chaîne de carbone, les plus courtes (C₁₀-C₁₃) s'accumulant plus facilement dans les tissus des poissons, offrant donc un plus grand potentiel de toxicité (IPCS, 1996). Cependant, les PC à chaîne moyenne sont plus couramment utilisées au Canada (Santé Canada, 2004). Les PC s'accrochent facilement à des particules (adsorption) et voyagent donc avec les sédiments dans l'eau et avec les particules en suspension dans l'atmosphère, les PC à chaîne courte étant les plus volatiles (Drouillard et coll., 1998). Bien que le gros de la production des PC a cessé au début des années 1980, leur utilisation étendue et sans restrictions a contaminé l'environnement à plusieurs niveaux (Muir et coll., 1999). Les paraffines chlorées sont persistantes et ont un potentiel de bioaccumulation. Des analyses faites sur des carcasses de bélugas du Saint-Laurent révèlent une contamination générale par des PC à chaînes courte et moyenne provenant vraisemblablement de sources locales, probablement les Grands Lacs ou le Haut-Saint-Laurent (Bennie et coll., 2000; Tomy et coll., 2000). Il reste à déterminer leur origine et quelle en est la toxicité. Les paraffines chlorées à chaînes courtes sont considérées comme toxiques selon la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (Canada, 1993).

Les composés organoétains

Les **organoétains**¹⁰ (des organométalliques) sont des composés organiques industriels particulièrement nocifs pour l'environnement, toxiques et lents à se biodégrader s'ils s'accumulent dans les sédiments. Utilisés sous forme de tributylétain (TBT) dans les peintures antisalissure pour éliminer les algues et les invertébrés qui se fixent à la coque de navires, le risque engendré par leur utilisation est jugé « inacceptable pour le milieu marin » par l'Agence

¹⁰ Tributylétain (TBT), dibutylétain (DBT) et monobutylétain (MBT).

de réglementation de la lutte antiparasitaire. Bien qu'interdits au Canada et retirés du marché depuis le 1^{er} janvier 2003, le bannissement, partiel jusqu'en 2003, de ce type de peinture n'a pas suffi à protéger les organismes aquatiques marins (St-Louis et coll., 2000). Le TBT est toxique pour de nombreux invertébrés (bigorneau, vers marins, amphipodes), pour les poissons et se retrouve dans les tissus des mammifères marins dont le béluga (Pelletier et Normandeau, 1997; St.-Louis et coll., 1997; St-Louis et coll., 2000). Des organoétains ont été détectés dans tous les sédiments et dans les carottes échantillonnées dans le fjord du Saguenay, l'estuaire et le golfe (St.-Louis et coll., 1997; Viglino et coll., 2004). Leur présence indique une contamination étendue à tout le système de l'estuaire du Saint-Laurent et particulièrement, en fortes concentrations, à proximité des installations portuaires (St.-Louis et coll., 1997). Les concentrations en organoétains retrouvées chez les bélugas échoués semblent augmenter avec l'âge des individus (Yang et coll., 1998; St-Louis et coll., 2000). De plus, ce contaminant peut être transféré, tout comme les organochlorés, de la mère au fœtus (St-Louis et coll., 2000). Une forte accumulation d'organoétains aurait des effets immunosuppresseurs en provoquant un dérèglement du système hormonal chez les buccins (Tester et Ellis, 1995). Ils sont soupçonnés d'avoir contribué à la mortalité massive observée chez le dauphin du Gange (Kannan et coll., 1997). Plusieurs études ont montré l'effet délétère du TBT sur les cellules du système immunitaire des mammifères (Tanabe, 1999; Nakata et coll., 2002; Nakanishi, 2007).

Les composés organobromés

Les **organobromés**¹¹ sont des ignifugeants introduits dans bon nombre de produits manufacturés. Plusieurs congénères de polybromodiphényléthers (**PBDE**) se retrouvent dans les produits de consommation, groupés en trois formules commerciales, le penta, octa ou déca-BDE. Les inquiétudes soulevées par l'usage des PBDE sur la santé humaine et environnementale ont poussé à leur retrait des marchés européen et nord-américain (Ward et coll., 2008). Le Canada interdit désormais deux formules et restreint l'usage du déca-BDE. Les PBDE sont omniprésents dans l'environnement et bioaccumulables. De plus, ces composés sont extrêmement persistants, parfois plus que les organochlorés (de Boer et coll., 1998). Les principales sources de ces contaminants dans l'environnement sont sans doute l'élimination par incinération et par enfouissement des produits manufacturés qui les contiennent ainsi que les effluents des stations d'épuration municipales (Rahman et coll., 2001; Ross et coll., 2008). Dans l'environnement, les concentrations augmentent de façon exponentielle (De Wit, 2002; Ikonomou et coll., 2002). Les concentrations trouvées chez les bélugas entre 1997 et 1999 sont vingt fois supérieures à celles observées en 1988 et 1990 (Lebeuf et coll., 2004). Chez les femelles, ces concentrations ont atteint un plateau en 1999 suivi d'une diminution significative à compter de 2003 tandis que chez les mâles ces concentrations ont continué d'augmenter entre 2000 et 2007 mais à un taux beaucoup plus bas que lors de la période précédente (Lebeuf et coll., 2010). Les composés organobromés retrouvés dans la faune et les humains seraient des perturbateurs endocriniens, en particulier de la glande thyroïde, et auraient un potentiel cancérigène, mais les mécanismes derrière leur toxicité restent incertains (IPCS, 1994; Eriksson et coll., 2001; Hardy, 2002; McDonald, 2002; Lebeuf et coll., 2006; Ross et coll., 2008). Des études sur les souris ont montré leur influence néfaste sur le comportement et les capacités d'apprentissage (Branchi et coll., 2002; Branchi et coll., 2003).

¹¹ Polybromodiphényléthers (PBDE), Tetrabromo-bisphénol-A (TBBP-A), Hexabromocyclododécane (HBCD).

Les composés perfluorés (CPF)

Les **composés perfluorés** sont des anti-adhésifs et des antitaches qui se retrouvent, entre autres, dans un grand nombre de produits domestiques. Le sulfonate de perfluorooctane (SPFO) est le composé perfluoré le plus important que l'on retrouve chez les mammifères et est celui ayant le plus fait l'objet d'étude (Giesy et Kannan, 2001; Hansen et coll., 2001; Kannan et coll., 2001a; Martin et coll., 2004). Les CPF possèdent les mêmes caractéristiques de persistance, de bioamplification et de bioaccumulation que les contaminants organochlorés et organobromés (Martin et coll., 2004). Volatils, ils sont omniprésents dans l'environnement malgré une réduction de la production (USEPA, 2002) du fait de leur résistance à la dégradation biotique et abiotique. Le SPFO est désormais sur la liste de quasi-élimination de la *Loi canadienne pour la protection de l'environnement*. Les CPF proviennent de sources variées, des produits utilisés couramment et des dépotoirs. Le SPFO a été retrouvé à tous les niveaux de la chaîne alimentaire (pour une revue voir Houde et coll., 2006), y compris chez les mammifères marins (Kannan et coll., 2001b; Martin et coll., 2004) et le béluga du Saint-Laurent (Lebeuf, 2009). La toxicité des CPF est mal connue, mais des études sur des rats en laboratoire suggèrent qu'ils peuvent perturber le fonctionnement du foie et qu'ils ont un potentiel cancérigène (Upham et coll., 1998; Berthiaume et Wallace, 2002).

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Les **hydrocarbures aromatiques polycycliques** forment un vaste groupe de composés organiques dont l'élément le plus préoccupant pour l'environnement est le **benzo- α -pyrène**. Leur présence dans l'environnement résulte principalement de la combustion incomplète, naturelle ou anthropique, de la matière organique. Les bélugas du Saint-Laurent ont été particulièrement exposés aux HAP à cause des rejets des alumineries du Saguenay dans les eaux du fjord (Martel et coll., 1986; Smith et Levy, 1990; Laliberté, 1991). Cependant, ces dernières ont réduit de manière significative leurs rejets de HAP depuis 1988 et les concentrations ont diminué dans les sédiments du fjord du Saguenay (Smith et Levy, 1990). Les bélugas se nourrissent en partie en fouillant les sédiments pour trouver des invertébrés dans lesquels les HAP s'accumulent (Dalcourt et coll., 1992; Ferguson et Chandler, 1998). De plus, le contact avec les sédiments peut être une source d'exposition supplémentaire. La présence faible ou nulle d'HAP dans les tissus prélevés de bélugas du Saint-Laurent, s'expliquerait par la dégradation rapide de ces composés non persistants (Béland et coll., 1992). Les métabolites du benzo- α -pyrène peuvent se lier à l'ADN pour former des adduits à l'ADN, pouvant mener à des mutations et au développement de lésions cancéreuses. Des adduits à l'ADN ont été détectés dans les tissus de bélugas du Saint-Laurent, confirmant leur exposition à des HAP génotoxiques (Ray et coll., 1991; Martineau et coll., 1994). La présence d'alumineries et le rejet important d'HAP dans l'environnement dans la région du Saguenay pourraient être liés au taux élevé d'incidence de cancer des bélugas, bien qu'un lien de cause à effet n'ait pas encore été prouvé (Martineau et coll., 2002a; Thériault et coll., 2002; Hammill et coll., 2003; Martineau et coll., 2003). Martineau et coll. (2002b) suggèrent qu'il existe un lien entre la présence d'HAP, la contamination des bélugas par ces contaminants et le taux de prévalence de cancers du système digestif anormalement élevé dans cette population. Des études sur la toxicité de mélanges complexes d'HAP, l'effet de synergie avec les autres contaminants et les agents pathogènes ainsi que le véritable taux d'exposition des bélugas aux HAP à travers leur alimentation et les sédiments

seront nécessaires pour être en mesure de comprendre l'impact de ces contaminants sur la population du Saint-Laurent. Le programme des carcasses actuellement en place ne permet pas de doser les contaminants non persistants comme les HAP. Les tissus des spécimens échoués sont donc peu utiles et la caractérisation des contaminants toxiques non persistants doit être faite dans l'habitat et dans les proies du béluga. L'utilisation d'espèces sentinelles peut être utile pour faire un suivi de la contamination du milieu (Couillard, 2009).

Les pesticides d'usage courant

La plupart des **pesticides** utilisés de nos jours ont un faible potentiel de bioaccumulation et ne se retrouvent pas dans les graisses du béluga mais certains possèdent tout de même des effets toxiques et perturbateurs. L'**atrazine** est un herbicide couramment utilisé dans la culture du maïs, qui s'étend sur une bonne partie du bassin hydrographique du fleuve Saint-Laurent. Le fait que certaines de ces substances ne s'accumulent pas dans le béluga ne devrait pas mener à la conclusion qu'elles sont sans effets puisque l'atrazine possède une demie-vie assez longue dans les eaux de surface (Ulrich et coll., 1994; Schottler et Eisenreich, 1997). Le transport dans le bassin, l'impact sur l'écosystème fluvial et l'effet des sous-produits de la dégradation des pesticides utilisés aujourd'hui sont encore inconnus. Des concentrations de pesticides dépassant le critère pour la protection de la vie aquatique ont été décelées à l'embouchure de plusieurs tributaires du fleuve (Giroux et coll., 2006; Giroux, 2007). Cependant, les eaux du lac Ontario semblent être la source principale de pesticides dans le fleuve Saint-Laurent (Pham et coll., 2000). De très faibles concentrations d'atrazine ont des effets sur les systèmes reproducteur et endocrinien des humains et de plusieurs espèces animales (Colborn et coll., 1993).

Les métaux lourds

Nombreux sont les métaux présents de façon naturelle dans l'environnement mais dont la concentration et la distribution peuvent être modifiées par les processus industriels et ainsi devenir toxiques pour la faune et la flore. L'effluent de la station d'épuration de Montréal, qui traite 45% des eaux usées municipales du Québec, contribue à entre 1% et 5% de la charge totale en métaux lourds du fleuve Saint-Laurent, à l'exception de l'argent (Ag), pour lequel ce chiffre s'élève à 25% (Gobeil et coll., 2005). Une étude sur le plomb trouvé dans les sédiments de diverses stations situées le long du chenal laurentien, a révélé que celui-ci provenait de trois sources différentes : deux naturelles et une reliée à la pollution industrielle récente (Gobeil et coll., 1995). La source principale de mercure dans l'estuaire est l'érosion des berges et des sédiments du lit du fleuve, bien que les tributaires et la déposition atmosphérique contribuent également à la charge totale (Quémerais et coll., 1999). Par contre, dans le Saguenay, une source historique importante de mercure a été une usine de chloralcali qui a cessé ses opérations en 1978 (Couillard et Lébeuf, 2007). Depuis ce temps, le mercure persiste dans les sédiments profonds du Saguenay, ce qui a mené à une interdiction de la pêche au chalut. Même si certains apports anthropiques ont été ralentis, les métaux toxiques demeurent une source de contamination puisqu'ils ne sont pas biodégradables et peuvent se concentrer dans les sédiments. Dragage, circulation maritime et affaissements sous-marins favoriseraient alors leur remise en circulation. Le mercure, le plomb et le cadmium, particulièrement nocifs, pourraient nuire à l'efficacité des défenses immunitaires en ayant un effet perturbateur sur la multiplication des lymphocytes chez les mammifères (Wong et coll., 1992; Bernier et coll., 1995; De Guise et coll.,

1996). Les effets d'une exposition chronique sur les mammifères marins sont peu connus mais les scientifiques les soupçonnent de contribuer à l'absence de rétablissement de la population de bélugas (De Guise et coll., 1996). La population de bélugas de l'estuaire du Saint-Laurent présente des taux de mercure et de plomb 2 à 15 fois plus élevés que chez les populations arctiques (MPO, 2002).

Autres contaminants

Plusieurs autres composés que l'on retrouve dans l'eau et les sédiments du fleuve Saint-Laurent possèdent un potentiel pour influencer le rétablissement du béluga. Dans les effluents des stations d'épuration municipales, on retrouve des résidus de détergents, de produits pharmaceutiques et d'autres contaminants variés, reconnus comme des perturbateurs endocriniens (Aravindakshan et coll., 2004b; de Montgolfier et coll., 2008). L'impact de ces composés sur les bélugas est inconnu, mais il semble qu'ils aient un potentiel pour s'accumuler dans la chaîne alimentaire (Aravindakshan et coll., 2004a). De plus, de nombreux nouveaux contaminants, tels que les nanoparticules et les composés phénoliques, sont introduits chaque année dans l'environnement. Leur effet sur les bélugas ou sur leurs proies sont pour l'instant inconnus.

ANNEXE 3. EFFETS SUR D'AUTRES ESPÈCES ET SUR L'ÉCOSYSTÈME

Treize espèces de cétacés fréquentent le Saint-Laurent, huit espèces de baleines à dents (odontocètes) et cinq espèces de baleines à fanons (mysticètes) (tableau 1). Les études réalisées dans le cadre de ce programme de rétablissement (par exemple, les études d'impact des activités anthropiques) et les mesures d'atténuation des menaces proposées (par exemple, les mesures restrictives pour les observateurs de baleines) seront donc également bénéfiques pour certaines de ces espèces de cétacés ainsi que pour les poissons et invertébrés fréquentant l'estuaire du Saint-Laurent. Comme le mentionnait l'équipe de rétablissement du béluga du Saint-Laurent dans le plan de rétablissement de 1995 (MPO et WWF, 1995) : « *Les actions proposées [...] favoriseront non seulement le béluga, mais l'écosystème en général et la santé humaine en particulier.* »

Tableau 1. Statut des espèces de mammifères marins fréquentant le Saint-Laurent évaluées par le COSEPAC.

Nom commun (population)	Nom latin	Dernière évaluation	Dernière désignation du COSEPAC	Statut sous la LEP
Baleine à bec commune (Plateau néo-écossais)	<i>Hyperoodon ampullatus</i>	Novembre 2002	En voie de disparition	En voie de disparition
Baleine noire de l'Atlantique Nord	<i>Eubalaena glacialis</i>	Mai 2003	En voie de disparition	En voie de disparition
Béluga (estuaire du Saint-Laurent)	<i>Delphinapterus leucas</i>	Mai 2004	Menacée	Menacée
Cachalot macrocéphale	<i>Physeter macrocephalus</i>	Avril 1996	Non en péril	Aucun statut
Dauphin à flancs blancs de l'Atlantique	<i>Lagenorhynchus acutus</i>	Avril 1991	Non en péril	Aucun statut
Dauphin à nez blanc	<i>Lagenorhynchus albirostris</i>	Avril 1998	Non en péril	Aucun statut
Épaulard (Atlantique Nord-Ouest et est de l'Arctique)	<i>Orcinus orca</i>	Novembre 2008	Préoccupante	Aucun statut
Globicéphale noir	<i>Globicephala melas</i>	Avril 1994	Non en péril	Aucun statut
Marsouin commun (Atlantique Nord-Ouest)	<i>Phocoena phocoena</i>	Avril 2006	Préoccupante	Aucun statut
Petit rorqual de la sous-espèce de l'Atlantique Nord	<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	Avril 2006	Non en péril	Aucun statut
Rorqual à bosse (Atlantique Nord)	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Mai 2003	Non en péril	Aucun statut
Rorqual bleu (Atlantique)	<i>Balaenoptera musculus</i>	Mai 2002	En voie de disparition	En voie de disparition
Rorqual commun (Atlantique)	<i>Balaenoptera physalus</i>	Mai 2005	Préoccupante	Préoccupante

Par contre, si la population de bélugas de l'estuaire du Saint-Laurent augmentait, des effets potentiellement négatifs pourraient se ressentir sur certains maillons de la chaîne alimentaire, principalement sur les proies des bélugas et sur leurs compétiteurs potentiels tels que les

phoques. L'effectif visé est cependant inférieur de 30 % à l'effectif d'origine. À l'heure actuelle, il n'est pas possible de vérifier si les conditions environnementales seraient assez propices pour subvenir aux besoins d'une population de bélugas environ sept fois plus grande que celle observée actuellement.

ANNEXE 4. RÉFÉRENCES

- Addison, R. F. et P. F. Brodie. 1977. Organochlorine residues in maternal blubber, milk, and pup blubber from grey seals (*Halichoerus grypus*) from Sable Island, Nova Scotia. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. **34**:937-941.
- Addison, R. F. et W. T. Stobo. 1993. Organochlorine residue concentrations and burdens in grey seal (*Halichoerus grypus*) blubber during the first year of life. *Journal of Zoology*. **230** (3):443-450.
- Aguilar, A., A. Borrell et P. J. H. Reijnders. 2002. Geographical and temporal variation in levels of organochlorine contaminants in marine mammals. *Marine Environmental Research*. **53**:425-452.
- Anon. 1928. Quebec will war on porpoises. Organize reduction plants to use carcasses. *The Canadian Fisherman*. **15** (11):24.
- APC et MDDEP. 2010. *Plan directeur du parc marin du Saguenay- Saint-Laurent*. Parcs Canada et le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec. 84p.
- Aravindakshan, J., M. Gregory, D. J. Marcogliese, M. Fournier et D. G. Cyr. 2004a. Consumption of Xenoestrogen-Contaminated Fish during Lactation Alters Adult Male Reproductive Function. *Toxicological Science*. **81** (1):179-189.
- Aravindakshan, J., V. Paquet, M. Gregory, J. Dufresne, M. Fournier, D. J. Marcogliese et D. G. Cyr. 2004b. Consequences of Xenoestrogen Exposure on Male Reproductive Function in Spottail Shiners (*Notropis hudsonius*). *Toxicological Science*. **78** (1):156-165.
- Auger, C. et R. Quenneville. 2001. *Plan d'urgences environnementales, Parc marin du Saguenay-Saint-Laurent*. Parcs Canada. 43p.
- BAPE. 2004. *Les enjeux liés aux levés sismiques dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent*. Bureau d'audiences publiques sur l'environnement. Rapport 193. 96p.
- Barber, D. G., E. Saczuk et P. R. Richard. 2001. Examination of beluga-habitat relationships through the use of telemetry and a geographic information system. *Arctic*. **54** (3):305-316.
- Barrett, T. 1999. Morbillivirus infections, with special emphasis on morbillivirus of carnivores. *Veterinary Microbiology*. **69**:3-13.
- Bédard, C. et R. Michaud. 1995. *Étude des activités d'observation en mer des cétacés de l'estuaire maritime du Saint-Laurent. Rapport final*. Groupe de recherche et d'éducation sur le milieu marin. Tadoussac.

- Bédard, C. et Y. Simard. 2006. Automated detection of white whale (*Delphinapterus leucas*) vocalizations in St. Lawrence estuary and occurrence pattern. *Canadian Acoustics - Acoustique Canadienne*. **34** (3):84-85.
- Bédard, J., A. Nadeau, J.-P. Savard et M. C. S. Kingsley. 1997. *La Passe de l'Île aux Lièvres; importance stratégique pour la faune marine de l'Estuaire*. Service canadien de la faune, région du Québec. Série de rapports techniques No 283.
- Bejder, L., A. Samuels, H. Whitehead et N. Gales. 2006a. Interpreting short-term behavioural responses to disturbance within a longitudinal perspective. *Animal Behaviour*. **72** (5):1149-1158.
- Bejder, L., A. Samuels, H. Whitehead, N. Gales, J. Mann, R. Connor, M. Heithaus, J. W. Capps, C. Flaherty et M. Krützen. 2006b. Decline in Relative Abundance of Bottlenose Dolphins Exposed to Long-Term Disturbance. *Conservation Biology*. **20** (6):1791-1798.
- Béland, P., A. Faucher et P. Corbeil. 1990. Observation on the birth of a beluga whale (*Delphinapterus leucas*) in the St. Lawrence estuary, Québec, Canada. *Journal of Zoology*. **68**:1327-1329.
- Béland, P., S. D. Guise, C. Girard, A. Lagacé, D. Martineau, R. Michaud, D. C. G. Muir, R. J. Norstrom, E. Pelletier, S. Ray et L. R. Shugart. 1993. Toxic compounds and health and reproduction effects in St. Lawrence beluga whales. *Journal of Great Lakes Research*. **19**:766-775.
- Béland, P., S. D. Guise et R. Plante. 1992. *Toxicologie et pathologie des mammifères marins du Saint-Laurent*. Fonds pour la toxicologie faunique du Fonds mondial pour la nature. 99p.
- Béland, P., A. Vézina et D. Martineau. 1988. Potential for growth of the St. Lawrence (Québec, Canada) beluga whale (*Delphinapterus leucas*) population based on modelling. *Journal du conseil international pour l'exploration de la mer*. **45**:22-32.
- Bennie, D. T., C. A. Sullivan et R. J. Maguire. 2000. Occurrence of chlorinated paraffins in beluga whales (*Delphinapterus leucas*) from the St. Lawrence River and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and carp (*Cyprinus carpio*) from Lake Ontario. *Water Quality Research Journal of Canada*. **35** (2):263-281.
- Bernard, L., N. Martinat, C. Lécureuil, P. Crépieux, E. Reiter, A. Tilloy-Ellul, S. Chevalier et F. Guillou. 2007. Dichlorodiphenyltrichloroethane impairs follicle-stimulating hormone receptor-mediated signaling in rat Sertoli cells. *Reproductive Toxicology*. **23** (2):158-164.
- Bernard, P. et D. Desrochers. 2007. *Suivi des passes migratoires à anguille à la centrale de Beauharnois et au barrage de Chambly - 2007*. Par Milieu inc. pour l'unité Environnement, division Production, Hydro-Québec. 81p.
- Bernier, J., P. Brousseau, K. Krzystyniak, H. Tryphonas et M. Fournier. 1995. Immunotoxicity

- of Heavy Metals in Relation to Great Lakes *Environmental Health Perspectives*. **103** (supp9):23-34.
- Berthiaume, J. et K. B. Wallace. 2002. Perfluorooctanoate, perfluorooctanesulfonate, and N-ethyl perfluorooctanesulfonamido ethanol; peroxisome proliferation and mitochondrial biogenesis. *Toxicology Letters*. **129** (1-2):23-32.
- Blane, J. M. et R. J. Jackson. 1994. The impact of ecotourism boats on the St. Lawrence beluga whales. *Environmental conservation*. **2**:267-269.
- Boening, D. W. 1998. Toxicity of 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin to Several Ecological Receptor Groups: A Short Review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. **39** (3):155-163.
- Boivin, Y. et R. Michaud. 1990. *Survols aériens pour l'estimation de la distribution saisonnière et des déplacements des bélugas*. Institut national d'écotoxicologie du Saint-Laurent. 91p.
- Bourgeois, M., M. Gilbert et B. Cusson. 2001. *Évolution du trafic maritime en provenance de l'étranger dans le Saint-Laurent de 1978 à 1996 et implications pour les risques d'introduction d'espèces aquatiques non indigènes*. MPO. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2338. 31p.
- Bourque, A. et G. Simonet. 2008. Québec. Dans: *Vivre avec les changements climatiques au Canada : édition 2007*. D. S. Lemmen, F. J. Warren, J. Lacroix et E. Bush (Ed.). Gouvernement du Canada. Ottawa. p.171-226.
- Branchi, I., E. Alleva et L. G. Costa. 2002. Effects of Perinatal Exposure to a Polybrominated Diphenyl Ether (PBDE 99) on Mouse Neurobehavioural Development. *NeuroToxicology*. **23** (3):375-384.
- Branchi, I., F. Capone, E. Alleva et L. G. Costa. 2003. Polybrominated diphenyl ethers: Neurobehavioral effects following developmental exposure. *NeuroToxicology*. **24** (3):449-462.
- Brennin, R., B. W. Murray, M. K. Friesen, L. D. Maiers, J. W. Clayton et B. N. White. 1997. Population genetic structure of beluga whales (*Delphinapterus leucas*): Mitochondrial DNA sequence variation within and among North American populations. *Canadian Journal of Zoology*. **75** (5):795-802.
- Brewer, P. G. 1997. Ocean chemistry of the fossil fuel CO₂ signal: The haline signal of "business as usual". *Geophysical Research Letters*. **24** (11):1367-1369.
- Brodie, P. F. 1971. A reconsideration of aspects of growth, reproduction, and behavior of the white whale (*Delphinapterus leucas*), with reference to the Cumberland Sound, Baffin Island, population. *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*. **28**:1309-1318.

- Brodie, P. F. 1989. The white whale, *Delphinapterus leucas* (Pallas, 1776). Dans: *Handbook on marine mammals. Vol. 4.* . S. H. Ridgway et R. Harrison (Ed.). Academic Press. London. p.119-144.
- Brown Gladden, J. G., P. F. Brodie et J. W. Clayton. 1999a. Mitochondrial DNA used to identify an extralimital beluga whale (*Delphinapterus leucas*) from Nova Scotia as originating from the St. Lawrence population. *Marine Mammal Science*. **15**:556-558.
- Brown Gladden, J. G. et J. W. Clayton. 1993. *Variable nucleotide sequences of control region mitochondrial DNA and population structure in North American beluga whales*. Tenth biennial conference on the biology of marine mammals. November 11-15, 1993. Galveston, Texas.
- Brown Gladden, J. G., M. M. Ferguson et J. W. Clayton. 1997. Matriarchal genetic population structure of North America beluga whales (*Delphinapterus leucas*) (Cetacea: Monodontidae). *Molecular Ecology*. **6**:1033-1046.
- Brown Gladden, J. G., M. M. Ferguson, M. K. Frieses et J. W. Clayton. 1999b. Population structure of North America beluga whale (*Delphinapterus leucas*) based on nuclear DNA microsatellite variation and contrasted with the population structure revealed by mitochondrial DNA variation. *Molecular Ecology*. **8**:347-363.
- Burek, K. A., F. M. D. Gulland et T. M. O'Hara. 2008. Effects of climate change on arctic marine mammal health. *Ecological Applications*. **18** (SUPPL.2):S126-S134.
- Burns, J. J. et G. A. Seaman. 1985. *Investigations of beluga whales in coastal waters of western and northern Alaska. II. Biology and Ecology*. Alaska Department of Fisheries and Game. NA 81 RAC 00049. 129p.
- Canada. 1977. *Mirex in Canada*. Fisheries and Environment Canada. Task Force on Mirex. Technical report 77-1. 153p.
- Canada. 1993. *Paraffines chlorées. Liste des substances d'intérêt prioritaire, rapport d'évaluation*. Environnement Canada - Santé et bien-être social Canada. 41p.
- Carignan, R., S. Lorrain et K. Lum. 1994. A 50-yr record of pollution by nutrients, trace metals, and organic chemicals in the St Lawrence River. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. **51** (5):1088-1100.
- Caron, F., P. Dumont, Y. Mailhot et G. Verreault. 2007. L'anguille au Québec, une situation préoccupante. *Le Naturaliste Canadien*. **131** (1):59-66.
- Caron, L. M. J. et D. E. Sergeant. 1988. Yearly variation in the frequency of passage of beluga whales (*Delphinapterus leucas*) at the mouth of the Saguenay River, Québec, over the past decade. *Canadian Field Naturalist*. **178**:111-116.

- Chadenet, V. 1997. *Fréquentation et bilan d'activité du béluga, Delphinapterus leucas, du Saint-Laurent dans la baie Sainte-Marguerite*. Thèse de Maîtrise. Université Laval, Département de biologie. Québec. 75p.
- Chion, C., S. Turgeon, R. Michaud, J.-A. Landry et L. Parrott. 2009. *Portrait de la navigation dans le parc marin du Saguenay-Saint-Laurent. Caractérisation des activités sans prélèvement de ressources entre le 1er mai et le 31 octobre 2007*. Présenté à Parcs Canada. 86p.
- CMI. 1978. *Accord sur la qualité de l'eau des Grands Lacs*. É.-U. Commission Mixte Internationale. Canada.
- Colborn, T. et M. J. Smolen. 1996. Epidemiological analysis of persistent organochlore contaminants in cetaceans. *Review of Environmental Contamination and Toxicology*. **146**:91-173.
- Colborn, T., F. S. vom Saal et A. M. Soto. 1993. Developmental effects of endocrine-disrupting chemicals in wildlife and humans. *Environmental Health Perspectives*. **101**:378-384.
- COSEPAC. 2004. *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le béluga (Delphinapterus leucas) au Canada - Mise à jour*. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. 77p.
- COSEPAC. 2006. *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur l'Anguille d'Amérique (Anguilla rostrata) au Canada*. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. 80p.
- Couillard, C. M. 2009. Utilisation des poissons pour évaluer les effets biologiques des contaminants dans l'estuaire du Saint-Laurent et le fjord du Saguenay. *Revue des Sciences de l'eau*. **22** (2):291-314.
- Couillard, C. M., S. C. Courtenay et R. W. Macdonald. 2008a. Interactions between toxic chemicals and other environmental factors affecting the risk of impacts on aquatic organisms: a review with a Canadian perspective - interactions affecting vulnerability. *Environmental Review*. **16**:19-44.
- Couillard, C. M. et M. Lebeuf. 2007. *Toxic chemicals and their impacts in the St. Lawrence Estuary and Saguenay Fjord, Quebec, Canada: from a chemical to an ecosystem-based risk management*. ICES Annual Science Conference. Helsinki, Finland.
- Couillard, C. M., R. W. Macdonald, S. C. Courtenay et V. P. Palace. 2008b. Interactions between toxic chemicals and other environmental factors affecting the risk of impacts on aquatic organisms: a review with a Canadian perspective - interactions affecting exposure. *Environmental Review*. **16**:1-17.

- Crum, L. A. et Y. Mao. 1996. Acoustically enhanced bubble growth at low frequencies and its implications for human diver and marine mammal safety. *Journal of the Acoustical Society of America*. **99**:2898-2907.
- Curren, K. et J. Lien. 1998. Observations of white whales, *Delphinapterus leucas*, in waters off Newfoundland and Labrador and in the Gulf of St. Lawrence, 1979-1991. *Canadian Field Naturalist*. **112** (28-31)
- Dalcourt, M.-F., P. Béland, E. Pelletier et Y. Vigneault. 1992. *Caractérisation des communautés benthiques et études des contaminants dans des aires fréquentées par le bélugas du Saint-Laurent*. 86p.
- Dartois, J. et B. Daboval. 1999. *25 ans d'assainissement des eaux usées industrielles au Québec*. Ministère de l'environnement du Québec. 81p.
- de Boer, J., P. G. Wester, H. J. C. Klamer, W. E. Lewis et J. P. Boon. 1998. Do flame retardants threaten ocean life? *Nature*. **394** (6688):28-29.
- De Guise, S. 1998. Effects of in vitro exposure of beluga whale leukocytes to selected organochlorines. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*. **55** (7):479 - 493.
- De Guise, S., J. Bernier, D. Martineau, P. Béland et M. Fournier. 1996. Effects of in vitro exposure of beluga whale splenocytes and thymocytes to heavy metals. *Environmental Toxicology and Chemistry*. **15** (8):1357-1364.
- De Guise, S., D. Martineau, P. Béland et M. Fournier. 1995. Possible mechanisms of action of environmental contaminants on St. Lawrence Beluga whales (*Delphinapterus leucas*). *Environmental Health Perspectives*. **103** (suppl 4):73-77.
- De la Chenelière, V. 1998. *The risks and benefits of an invasive technique, biopsy sampling, for an endangered population, the St. Lawrence beluga (Delphinapterus leucas)*. Thèse de Maîtrise. McGill University, Montréal.
- de March, B. G. E., L. D. Maiers et M. K. Friesen. 2002. An overview of genetic relationships of Canadian and adjacent populations of belugas (*Delphinapterus leucas*) with emphasis on Baffin Bay and Canadian eastern Arctic populations. *NAMMCO Scientific Publications*. **4**:17-38.
- de March, B. G. E. et L. D. Postma. 2003. Molecular genetic stock discrimination of belugas (*Delphinapterus leucas*) hunted in eastern Hudson bay, northern Québec, Hudson strait, and Sanikiluaq (Belcher island), Canada, and comparisons to adjacent populations. *Arctic*. **56**:111-124.
- de Montgolfier, B., M. Fournier, C. Audet, D. J. Marcogliese et D. G. Cyr. 2008. Influence of municipal effluents on the expression of connexins in the brook trout (*Salvelinus*

- fontinalis*) testis. *Aquatic Toxicology*. **86** (1):38-48.
- De Wit, C. A. 2002. An overview of brominated flame retardants in the environment. *Chemosphere*. **46** (5):583-624.
- Desrosiers, J. 1994. *Analyse photogrammétrique de la structure et la dynamique de la population de bélugas du Saint-Laurent*. Thèse de Maîtrise. Université Laval, Québec. 84p.
- Di Guardo, G., G. Marruchella, U. Agrimi et S. Kennedy. 2005. Morbillivirus infections in aquatic mammals: A brief overview. *Journal of Veterinary Medicine Series A: Physiology Pathology Clinical Medicine*. **52** (2):88-93.
- Diaz, R. J. 2001. Overview of hypoxia around the world. *Journal of Environmental Quality*. **30** (2):275-281.
- Dinel, S. et C. Duhaime. 1997. *Essais techniques d'intervention pour contrer un déversement d'hydrocarbures dans le fjord du Saguenay. Rapport d'opération présenté au Parc Marin du Saguenay-Saint-Laurent*. Environnement Canada. Montréal. 22p.
- Drolet, R. 1998. *Le dérangement des espèces fauniques du Saint-Laurent*. Environnement Canada, MPO, MDDEP. Rapport sur l'état du Saint-Laurent. 105p.
- Drouillard, K. G., G. T. Tomy, D. C. G. Muir et K. J. Friesen. 1998. Volatility of chlorinated n-alkanes (C10-C12): Vapor pressures and Henry's law constants. *Environmental Toxicology and Chemistry*. **17** (7):1252-1260.
- Dufour, R. et P. Ouellet. 2007. *Rapport d'aperçu et d'évaluation de l'écosystème marin de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent*. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2744F. 123p.
- Équipe de rétablissement de l'éperlan arc-en-ciel du Québec. 2008. *Plan de rétablissement de l'éperlan arc-en-ciel (Osmerus mordax) au Québec, population du sud de l'estuaire du Saint-Laurent - mise à jour 2008-2012*. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec. 48p.
- Erbe, C. 2008. Critical ratios of beluga whales (*Delphinapterus leucas*) and masked signal duration. *Journal of the Acoustical Society of America*. **124** (4):2216-2223.
- Erbe, C. et D. M. Farmer. 1998. Masked hearing thresholds of a beluga whale (*Delphinapterus leucas*) in icebreaker noise. *Deep-Sea Research II*. **45**:1373-1388.
- Eriksson, P., C. Fischer et A. Fredriksson. 2006. Polybrominated diphenyl ethers, a group of brominated flame retardants, can interact with polychlorinated biphenyls in enhancing developmental neurobehavioral defects. *Toxicological Science*. **94** (2):302-309.
- Eriksson, P., E. Jakobsson et A. Fredriksson. 2001. Brominated flame retardants: A novel class

- of developmental neurotoxics in our environment? *Environmental Health Perspectives*. **109** (9):903-908.
- Evans, D. L. et G. R. England. 2001. *Joint interim report Bahamas marine mammal stranding event of 15-16 March 2000*. NOAA, US Department of Commerce and Department of the Navy.
- Faulkner, J., L. N. Measures et F. G. Whoriskey. 1998. *Stemurus minor* (Metastrongyloidea: Pseudaliidae) infections of the cranial sinuses of harbour porpoise, *Phocoena phocoena*. *Canadian Journal of Zoology*. **76** (7):1209-1216.
- Fay, R. R. et A. N. Popper. 2000. Evolution of hearing in vertebrates: the inner ears and processing. *Hearing Research*. **149**:1-10.
- Ferguson, P. L. et G. T. Chandler. 1998. A laboratory and field comparison of sediment polycyclic aromatic hydrocarbon bioaccumulation by the cosmopolitan estuarine polychaete *Streblospio benedicti* (Webster). *Marine Environmental Research*. **45** (4-5):387-401.
- Finley, K. J. 1982. The estuary habit of the beluga or white whale *Delphinapterus leucas*. *Cetus*. **4**:4-5.
- Finneran, J. J. 2003. Whole lung resonance in a bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) and white whale (*Delphinapterus leucas*). *Journal of the Acoustical Society of America*. **114**:529-535.
- Foster, W. G., D. Desaulniers, K. Leingartner, M. G. Wade, R. Poon et I. Chu. 1999. Reproductive effects of tris(4-chlorophenyl)methanol in the rat. *Chemosphere*. **39** (5):709-724.
- Fraker, M. A., C. D. Gordon, J. W. McDonald, J. K. B. Ford et G. Cambers. 1979. *White whale (Delphinapterus leucas) distribution and abundance and the relationship to physical and chemical characteristics of the Mackenzie Estuary*. Fisheries and Marine Service. Rapport technique 863. 59p.
- Gagnon, M. et P. Bergeron. 1997. *Identification et description des sites aquatiques contenant des contaminants préoccupants pour le béluga du Saint-Laurent*. Rapport de Biorex inc. au Comité multipartite sur les sites contaminés pouvant affecter le béluga. 180p.
- Galbraith, P. S., D. Gilbert, R. G. Pettipas, J. Chassé, C. Lafleur, B. Pettigrew, P. Larouche et L. Devine. 2008. *Physical Oceanographic Conditions in the Gulf of St. Lawrence in 2007*. Secrétariat canadien de consultation scientifique. Document de recherche 2008/001. 59p.
- Gauthier, D. et D. A. Steel. 1996. *Sommaire de la situation concernant l'introduction d'espèces non-indigènes par l'eau de lest des navires au Canada et dans d'autres pays*. Pêches et Océans Canada. Rapport manuscrit canadien des sciences halieutiques et aquatiques

2380. 62p.

- Gauthier, J. M., E. Pelletier, C. Brochu, S. Moore, C. D. Metcalfe et P. Béland. 1998. Environmental contaminants in tissues of a neonate St Lawrence beluga whale (*Delphinapterus leucas*). *Marine Pollution Bulletin*. **36** (1):102-108.
- Gearing, J. N., P. J. Gearing, M. Noël et J. N. Smith. 1994. Polycyclic aromatic hydrocarbons in sediment of the St. Lawrence estuary. Dans: *Proceedings of the Twentieth Annual Aquatic Toxicity Workshop, October 17-21, 1993, Québec*. R. Coillie, Y. Roy, Y. Bois, P. G. C. Campbell, P. Lundahl, L. Martel, M. Michaud, P. Riebel et C. Thellan (Ed.). Rapport Technique Canadien sur les pêcheries et les sciences aquatiques 1989. p.58-64.
- Geraci, J. R. 1990. Physiologic and toxic effects on cetaceans. Dans: *Sea mammals and oil: confronting the risks*. J. R. Geraci et D. J. St. Aubin (Ed.). Academic Press. San Diego. p.167-197.
- Geraci, J. R. et D. J. St. Aubin. 1990. *Sea mammals and oil: confronting the risks*. Academic Press. San Diego. 282p.
- Giesy, J. P. et K. Kannan. 2001. Global distribution of perfluorooctane sulfonate in wildlife. *Environmental Science and Technology*. **35** (7):1339-1342.
- Gilbert, D., B. Sundby, C. Gobeil, A. Mucci et G. H. Tremblay. 2005. A seventy-two-year record of diminishing deep-water oxygen in the St. Lawrence estuary: The northwest Atlantic connection. *Limnology and Oceanography*. **50** (5):1654-1666.
- Gilbert, M. 1996. Mortalités de sébastes dans la région de la baie des Ha! Ha!, fjord du Saguenay : choc thermique. *Le Naturaliste Canadien*. **120** (1):61-63.
- Gilbert, M. et C. M. Couillard. 1995. *Observations de mortalités de sébastes (Sebastes sp.) dans la région de la baie des Ha! Ha!, fjord du Saguenay : examen des causes possibles*. Canadian Bulletin of the Fisheries and Aquatic Sciences. 2278. 15p.
- Gilbert, M. et B. Pettigrew. 1996. Variation de la couche froide intermédiaire du golfe du Saint-Laurent de 1984 à 1995. *Le Naturaliste Canadien*. **120** (2):69-71.
- Giroux, I. 2007. *Les pesticides dans quelques tributaires de la rive nord du Saint-Laurent : Rivières L'Assomption, Bayonne, Maskinongé et du Loup*. MDDEP. 28p.
- Giroux, I., C. Robert et N. Dassylva. 2006. *Présence de pesticides dans l'eau au Québec : bilan dans des cours d'eau de zones en culture de maïs et de soya en 2002, 2003 et 2004, et dans les réseaux de distribution d'eau potable*. MDDEP. 57p.
- Gobeil, C., W. K. Johnson, R. W. MacDonald et C. S. Wong. 1995. Sources and burden of lead in St. Lawrence Estuary sediments: isotopic evidence. *Environmental Science and Technology*. **29**:193-201.

- Gobeil, C., B. Rondeau et L. Beaudin. 2005. Contribution of Municipal Effluents to Metal Fluxes in the St. Lawrence River. *Environmental Science and Technology*. **39** (2):456-464.
- Gosselin, J.-F., M. Hammill et V. Lesage. 2007. *Comparaison des indices d'abondance photographiques et visuels des bélugas de l'estuaire du Saint-Laurent en 2003 et 2005*. Secrétariat canadien de consultation scientifique. Document de recherche 2007/025. 14p.
- Gouteux, B. et M. Lebeuf. 2000. Le toxaphène dans les mammifères marins de l'estuaire du Saint-Laurent. *Nouvelles des Sciences, Bulletin d'informations des directions des sciences et des océans, région Laurentienne*. **11**:4-7.
- Gouteux, B., M. Lebeuf, D. C. G. Muir et J.-P. Gagné. 2003. Levels and Temporal Trends of Toxaphene Congeners in Beluga Whales (*Delphinapterus leucas*) from the St. Lawrence Estuary, Canada. *Environmental Science & Technology*. **37** (20):4603-4609.
- Grégoire, F. 2005. *Capelan de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent (4RST) en 2004*. Secrétariat canadien de consultation scientifique. Avis scientifique 2005/002. 9p.
- Grenfell, W. 1934. *The romance of Labrador*. MacMillan Company. New York. 329p.
- Hall, A. J., R. J. Law, D. E. Wells, J. Harwood, H. M. Ross, S. Kennedy, C. R. Allchin, L. A. Campbell et P. P. Pomeroy. 1992. Organochlorine levels in common seals (*Phoca vitulina*) which were victims and survivors of the 1988 phocine distemper epizootic. *Science of the Total Environment*. **115** (1-2):145-162.
- Hammill, M. 2005. *Abundance of northwest Atlantic grey seals in the Gulf of St. Lawrence and along the Nova Scotia eastern shore = Abondance des phoques gris du nord-ouest de l'Atlantique dans le golfe du Saint-Laurent et le long de la côte est de la Nouvelle-Ecosse*. Secrétariat canadien de consultation scientifique. Document de recherche 2005/036. 11p.
- Hammill, M. et G. Stenson. 2005. *Abundance of Northwest Atlantic harp seals (1960-2005) = Abondance du phoque du Groenland dans l'Atlantique nord-ouest (1960-2005)*. Secrétariat canadien de consultation scientifique. Document de recherche 2005/090. 34p.
- Hammill, M. O., V. Lesage et M. C. S. Kingsley. 2003. Cancer in the beluga from the St. Lawrence estuary. *Environmental Health Perspectives*. **111**:A77-A78.
- Hammill, M. O., L. N. Measures, J.-F. Gosselin et V. Lesage. 2007. *Absence de rétablissement du béluga de l'estuaire du Saint-Laurent*. Secrétariat canadien de consultation scientifique. Document de recherche 2007/026. 23p.
- Hammill, M. O. et G. B. Stenson. 2007. Application of the precautionary approach and conservation reference points to management of Atlantic seals. *ICES Journal of Marine Science*. **64** (4):702-706.

- Hansen, K. J., L. A. Clemen, M. E. Ellefson et H. O. Johnson. 2001. Compound-specific, quantitative characterization of organic fluorochemicals in biological matrices. *Environmental Science and Technology*. **35** (4):766-770.
- Hardy, M. L. 2002. The toxicology of the three commercial polybrominated diphenyl oxide (ether) flame retardants. *Chemosphere*. **46** (5):757-777.
- Harvey, M., J.-F. St.-Pierre, L. Devine, A. Gagné et S. Guittard. 2005. *Oceanographic conditions in the estuary and the gulf of St. Lawrence during 2005: zooplankton*. Secrétariat canadien de consultation scientifique. Document de recherche 2008/043. 30p.
- Heide-Jørgensen, M. P. 1988. Occurrence and hunting of killer whales in Greenland. *Rit Fiskideildar*. **11**:115-135.
- Heide-Jørgensen, M. P. et J. Teilmann. 1994. Growth, reproduction, age structure and feeding habits of white whales (*Delphinapterus leucas*) in West Greenland waters. *Meddr Grønland, Bioscience*. **39**:195-212.
- Hester, K. C., E. T. Peltzer, W. J. Kirkwood et P. G. Brewer. 2008. Unanticipated consequences of ocean acidification: A noisier ocean at lower pH. *Geophysical Research Letters*. **35** (19):L19601.
- Hickie, B. E., D. Mackay et J. D. Koning. 1999. Lifetime pharmacokinetic model for hydrophobic contaminants in marine mammals. *Environmental Toxicology and Chemistry*. **18**:2622-2633.
- Hobbs, K. E., D. C. G. Muir, R. Michaud, P. Béland, R. J. Letcher et R. J. Norstrom. 2003. PCBs and organochlorine pesticides in blubber biopsies from free-ranging St. Lawrence River Estuary beluga whales (*Delphinapterus leucas*), 1994-1998. *Environmental Pollution*. **122** (2):291-302.
- Hodson, P. V., M. Castonguay, C. M. Couillard, C. Desjardins, E. Pelletier et R. McLeod. 1994. Spatial and temporal variations in chemical contamination of American eels, *Anguilla rostrata*, captured in the estuary of the St. Lawrence River. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. **51**:464-478.
- Holdway, D. A. 2002. The acute and chronic effects of wastes associated with offshore oil and gas production on temperate and tropical marine ecological processes. *Marine Pollution Bulletin*. **44**:185-203.
- Houde, M., J. W. Martin, R. J. Letcher, K. R. Solomon et D. C. G. Muir. 2006. Biological Monitoring of Polyfluoroalkyl Substances: A Review. *Environmental Science & Technology*. **40** (11):3463-3473.
- Hoyt, E. 2001. *Whale watching 2001: Worldwide tourism numbers, expenditures and expanding*

- socioeconomic benefits*. International fund for animals. Yarmouth Port, USA. 158p.
- IARC. 1978. *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals : PCBs*. OMS. International Agency for Research on Cancer. Genève. Volume 18.
- Ikonomou, M. G., S. Rayne et R. F. Addison. 2002. Exponential increases of the brominated flame retardants, polybrominated diphenyl ethers, in the Canadian Arctic from 1981 to 2000. *Environmental Science and Technology*. **36** (9):1886-1892.
- IPCS. 1984a. *Chlordane*. Environmental Health Criteria 34. O. I. P. o. C. Safety.
- IPCS. 1984b. *Mirex*. Environmental Health Criteria 44. O. I. P. o. C. Safety.
- IPCS. 1989. *Aldrin and Dieldrin*. Environmental Health Criteria 91. O. I. P. o. C. Safety.
- IPCS. 1991. *Lindane*. Environmental Health Criteria 124. O. I. P. o. C. Safety.
- IPCS. 1992a. *Endrin*. Environmental Health Criteria 130. O. I. P. o. C. Safety.
- IPCS. 1992b. *Polychlorinated biphenyls and terphenyls*. Environmental Health Criteria 140. O. I. P. o. C. Safety.
- IPCS. 1994. *Brominated Diphenylethers*. Environmental Health Criteria 162. O. I. P. o. C. Safety.
- IPCS. 1996. *Chlorinated paraffins*. Environmental health criteria 181. O. I. P. o. C. Safety.
- IPCS. 1997. *Hexachlorobenzène*. Environmental Health Criteria 195. O. I. P. o. C. Safety.
- IPCS. 2001. Toxaphene (Group 2B). *International Agency for Research on Cancer - Summaries & Evaluations*. **79**:569.
- Jauniaux, T. et F. Coignoul. 2001. Pathologie des infections par les morbillivirus chez les mammifères marins. *Annales de médecine vétérinaire*. **145**:76-96.
- Jepson, P. D., M. Arbelo, R. Deaville, I. A. P. Patterson, P. Castro, J. R. Baker, E. Degollada, H. M. Ross, P. Herráez, A. M. Pocknell, F. Rodríguez, F. E. Howie, A. Espinosa, R. J. Reid, J. R. Jaber, V. Martin, A. A. Cunningham et A. Fernández. 2003. Gas bubble lesions in stranded cetaceans. *Nature*. **425**:575.
- Kaiser, K. L. E. 1978. Pesticide Report: The rise and fall of mirex. *Environmental Science & Technology*. **12** (5):520-528.
- Kannan, K., J. C. Franson, W. W. Bowerman, K. J. Hansen, P. D. Jones et J. P. Giesy. 2001a. Perfluorooctane sulfonate in fish-eating water birds including bald eagles and albatrosses. *Environmental Science and Technology*. **35** (15):3065-3070.

- Kannan, K., J. Koistinen, K. Beckmen, T. Evans, J. F. Gorzelany, K. J. Hansen, P. D. Jones, E. Helle, M. Nyman et J. P. Giesy. 2001b. Accumulation of perfluorooctane sulfonate in marine mammals. *Environmental Science and Technology*. **35** (8):1593-1598.
- Kannan, K., K. Senthilkumar et R. K. Sinha. 1997. Sources and Accumulation of Butyltin Compounds in Ganges River Dolphin, *Platanista gangetica*. *Applied Organometallic Chemistry*. **11** (3):223-230.
- Kastelein, R. A., J. Ford, E. Berghout, P. R. Wirpkema et M. v. Boxsel. 1994. Food consumption, growth and reproduction of belugas (*Delphinapterus leucas*) in human care. *Aquatic mammals*. **20**:81-97.
- Kennedy, S. 1998. Morbillivirus infections in aquatic mammals. *Journal of Comparative Pathology*. **119** (3):201-225.
- Ketten, D. R., J. Lien et S. Todd. 1993. Blast injury in humpback whale ears: Evidence and implication. *Journal of the Acoustical Society of America*. **94**:1849-1850.
- Ketten, D. R. et D. Potter. 1999. Anthropogenic ocean noise: negligible or negligent impact? . *Journal of Acoustical Society of America*. **105**:993.
- Kingsley, M. C. S. 1993. *Census, trend, and status of the St. Lawrence beluga population in 1992*. Canadian technical report of fisheries and aquatic sciences 1938. 17p.
- Kingsley, M. C. S. 1996. *Estimation d'un indice d'abondance de la population de bélugas du Saint-Laurent en 1995*. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2117. 42p.
- Kingsley, M. C. S. 1999. *Indices d'abondance et estimations de la population de bélugas de l'estuaire du Saint-Laurent*. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2266. 27p.
- Kingsley, M. C. S. 2002. Status of the belugas of the St. Lawrence estuary, Canada. *NAMMCO Scientific Publications*. **4**:239-257.
- Kingsley, M. C. S. et I. Gauthier. 2002. Visibility of St. Lawrence belugas to serial photography, estimated by direct observation. *NAMMCO Scientific Publications*. **4** (259-270)
- Kingsley, M. C. S. et R. R. Reeves. 1998. Aerial surveys of cetaceans in the Gulf of St. Lawrence in 1995 and 1996. *Canadian Journal of Zoology*. **76** (8):1529-1550.
- Kingston, P. 2005. *Recovery of the marine environment following the Braer spill, Shetland*. 2005 International Oil Spill Conference, IOSC 2005. p.6797-6815.
- Kleinenberg, S. E., A. V. Yablokov, B. M. Bel'kovich et M. N. Tarashevich. 1964. *Beluga*,

- Delphinapterus leucas, investigation of the species*. Academy Nauk. USSR. Traduction de Israel Programme of Scientific Translation. 376p.
- Knapp, L. A., J. C. Ha et G. P. Sackett. 1996. Parental MHC antigen sharing and pregnancy wastage in captive pigtailed macaques. *Journal of Reproductive Immunology*. **32**:73-88.
- Kraus, S. D., M. W. Brown, H. Caswell, C. W. Clark, M. Fujiwara, P. K. Hamilton, R. D. Kenney, A. R. Knowlton, S. Landry, C. A. Mayo, W. A. McLellan, M. J. Moore, D. P. Nowacek, D. A. Pabst, A. J. Read et R. M. Rolland. 2005. North Atlantic right whales in crisis. *Science*. **309** (5734):561-562.
- Laberge, K. 2005. Filets fantômes : la pêche a été bonne. *Infocéans*. **8** (4)
- Lair, S. 2007. Programme de nécropsie - Suivi de la santé de la population de béluga de l'estuaire du Saint-Laurent à l'aide de l'examen post-mortem des carcasses échouées. Dans: *Compte-rendu de l'atelier sur le béluga de l'estuaire du Saint-Laurent - Revue du programme des carcasses*. MPO (Ed.). Secrétariat canadien de consultation scientifique. Compte-rendu 2007/005. p.11-14.
- Laist, D. W., A. R. Knowlton, J. G. Mead, A. S. Collet et M. Podesta. 2001. Collisions between ships and whales. *Marine Mammal Science*. **17**:35-75.
- Laliberté, D. 1991. *Teneurs en HAP dans les sédiments près de cinq alumineries du Québec en 1988*. Ministère de l'environnement du Québec. Rapport QE-91-10.
- Lawson, J., M. Hammill et G. Stenson. 2006. *Caractéristiques pour le rétablissement : béluga*. Secrétariat canadien de consultation scientifique. Document de recherche 2006/075. 16p.
- Lawson, J. et I. McQuinn. 2004. *Revue des problématiques potentielles liées à l'hydrophysique au Canada, leurs risques pour les mammifères marins et des stratégies de monitoring et d'atténuation dans le contexte d'activités sismiques*. Secrétariat canadien de consultation scientifique. Document de recherche 2004/121. 53p.
- Leaños-Castañeda, O., G. Van Der Kraak, R. Rodríguez-Canul et G. Gold. 2007. Endocrine disruption mechanism of o,p'-DDT in mature male tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Toxicology and Applied Pharmacology*. **221** (2):158-167.
- Lebeuf, M. 2009. La contamination du béluga de l'estuaire du Saint-Laurent par les polluants organiques persistants: en revue. *Revue des Sciences de l'eau*. **22** (2):199-233.
- Lebeuf, M., K. E. Bernt, S. Trottier, M. Noël, M. O. Hammill et L. Measures. 2001. Tris (4-chlorophenyl) methane and tris (4-chlorophenyl) methanol in marine mammals from the Estuary and Gulf of St. Lawrence. *Environmental Pollution*. **111** (1):29-43.
- Lebeuf, M., C. M. Couillard, B. Légaré et S. Trottier. 2006. Effects of DeBDE and PCB-126 on hepatic concentrations of PBDEs and methoxy-PBDEs in Atlantic tomcod.

Environmental Science and Technology. **40**:3211-3216.

- Lebeuf, M., B. Gouteux, L. Measures et S. Trottier. 2004. Levels and temporal trends (1988-1999) of polybrominated Diphenyl Ethers in beluga whales (*Delphinapterus leucas*) from the St. Lawrence Estuary, Canada. *Environmental Science and Technology*. **38**:2971-2977.
- Lebeuf, M., M. Noël, S. Trottier et L. Measures. 2007. Temporal trends (1987-2002) of persistent, bioaccumulative and toxic (PBT) chemicals in beluga whales (*Delphinapterus leucas*) from the St. Lawrence Estuary, Canada. *Science of the Total Environment*. **383**:216-231.
- Lebeuf, M. et T. Nunes. 2005. PCBs and OCPs in sediment cores from the lower St. Lawrence Estuary, Canada: Evidence of fluvial inputs and time lag in delivery to coring sites. *Environmental Science and Technology*. **39** (6):1470-1478.
- Lebeuf, M., S. Trottier, M. Noël, M. Raach et L. Measures. 2010. A twenty years (1987-2007) trend of PBDEs in beluga from the St. Lawrence Estuary, Canada. *Organohalogen Compounds*. **71**:372-376.
- Lemieux-Lefebvre, S. 2009. *Déplacements et patrons de résidence chez la population de bélugas (Delphinapterus leucas) de l'estuaire du Saint-Laurent*. Thèse de Mémoire de maîtrise. Université du Québec à Rimouski, Rimouski. 112p.
- Lesage, V. 1993. *Effet de la circulation plaisancière et d'un traversier sur le comportement vocal et social du béluga du Saint-Laurent (Delphinapterus leucas)*. Thèse de Maîtrise. Université Laval, Québec. 141p.
- Lesage, V., C. Barrette, M. C. S. Kingsley et B. Sjare. 1999. The effects of vessel noise on the vocal behaviour of beluga in the St. Lawrence River estuary, Canada. *Marine Mammal Science*. **15**:65-84.
- Lesage, V., M. O. Hammill et K. M. Kovacs. 2001. Marine mammals and the community structure of the Estuary and Gulf of St. Lawrence, Canada: evidence from stable isotope analysis. *Marine Ecology Progress Series*. **210**:203-221.
- Lesage, V. et M. C. S. Kingsley. 1995. *Bilan des connaissances de la population de bélugas (Delphinapterus leucas) du Saint-Laurent*. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2041. 44p.
- Lesage, V. et M. C. S. Kingsley. 1998. Updated status of the St. Lawrence river population of the beluga, *Delphinapterus leucas*. *Canadian Field Naturalist*. **112**:98-114.
- Letcher, R. J., R. J. Norstrom, D. C. G. Muir, C. D. Sandau, K. Koczanski, R. Michaud, S. De Guise et P. Béland. 2000. Methylsulfone polychlorinated biphenyl and 2,2-bis(chlorophenyl)-1,1-dichloroethylene metabolites in beluga whale (*Delphinapterus*

- leucas*) from the St. Lawrence River estuary and western Hudson Bay, Canada. *Environmental Toxicology and Chemistry*. **19** (5):1378-1388.
- Lien, J. 2001. *Les principes de conservation justifiant la réglementation de l'observation des baleines au Canada par le ministère des Pêches et des Océans : une approche prudente*. Pêches et Océans Canada. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2363. 27p.
- Lockyer, C., A. A. Hohn, D. W. Doidge, M. P. Heide-Jørgensen et R. Suydam. 2007. Age determination in belugas (*Delphinapterus leucas*): a quest for validation of dentinal layering. *Aquatic mammals*. **33**:293-304.
- Lowry, L. F., K. J. Frost et G. A. Seaman. 1985. *Investigations of beluga whales in coastal waters. III Food habits*. Alaska Department of Fish and Game. Fairbanks. Final Report, OCSEAP es. Unit 512. 24p.
- Luque, S. P., J. W. Higdon et S. H. Ferguson. 2007. Dentine deposition rates in belugas (*Delphinapterus leucas*): an analysis of the evidence. *Aquatic mammals*. **33**:241-245.
- MacLeod, M., D. Woodfine, J. Brimacombe, L. Toose et D. Mackay. 2002. A dynamic mass budget for toxaphene in North America. *Environmental Toxicology and Chemistry*. **21** (8):1628-1637.
- Mamaev, L. V., I. K. G. Visser, S. I. Belikov, N. N. Denikina, T. C. Harder, L. Goatley, B. K. Rima, B. Edginton, A. D. M. E. Osterhaus et T. Barrett. 1996. Canine distemper virus in lake Baikal seals (*Phoca sibirica*). *The Veterinary Record*. **138**:437-439.
- Mancuso, S. J. 1995. *Population genetics of Hudson Bay beluga whales (Delphinapterus leucas): an analysis of structure and gene flow using mitochondrial DNA sequences and multilocus DNA fingerprinting*. Thèse de Maîtrise. McMaster University, Department of Biology. Hamilton. 118p.
- Martel, L. M., J. Gagnon, R. Massé, A. Leclerc et L. Tremblay. 1986. Polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments from the Saguenay Fjord, Canada. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. **37**:133-140.
- Martin, A. R. et R. R. Reeves. 2000. Status of Monodontid whales. Reports of the International Whaling Commission, scientific committee. Annex 1. *The Journal of Cetacean Research and Management*. **2**:243-251.
- Martin, J. W., M. M. Smithwick, B. M. Braune, P. F. Hoekstra, D. C. G. Muir et S. A. Mabury. 2004. Identification of Long-Chain Perfluorinated Acids in Biota from the Canadian Arctic. *Environmental Science and Technology*. **38** (2):373-380.
- Martineau, D., P. Béland, C. Desjardins et A. Lagacé. 1987. Levels of organochlorine chemicals in tissues of beluga whales (*Delphinapterus leucas*) from the St. Lawrence Estuary,

- Québec, Canada. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. **16**:137-147.
- Martineau, D., S. Deguise, M. Fournier, L. Shugart, C. Girard, A. Lagacé et P. Béland. 1994. Pathology and toxicology of beluga whales from the St. Lawrence Estuary, Quebec, Canada - Past, present and future. *Science of the Total Environment*. **154** (2-3):201-215.
- Martineau, D., A. Lagacé, P. Béland, R. Higgins, D. Armstrong et L. R. Shugart. 1988. Pathology of stranded beluga whales (*Delphinapterus leucas*) from the St. Lawrence estuary, Québec, Canada. *Journal of Comparative Pathology*. **98**:287-311.
- Martineau, D., S. Lair, S. D. Guise, T. Lipscomb et P. Béland. 1999. Cancer in beluga whales from the St. Lawrence Estuary, Quebec, Canada: A potential biomarker of environmental contamination. *Journal of Cetacean Research and Management*. **1** (special issue):249-265.
- Martineau, D., K. Lemberger, A. Dallaire, P. Labelle, T. P. Lipscomb, P. Michel et I. Mikaelian. 2002a. Cancer in wildlife, a case study: Beluga from the St. Lawrence estuary, Québec, Canada. *Environmental Health Perspectives*. **110** (3):285-292.
- Martineau, D., K. Lemberger, A. Dallaire, P. Labelle, T. P. Lipscomb, P. Michel et I. Mikaelian. 2002b. Cancer in wildlife, a case study: beluga from the St. Lawrence estuary, Québec, Canada. *Environmental Health Perspectives*. **110**:285-292.
- Martineau, D., K. Lemberger, A. Dallaire, P. Michel, P. Béland, P. Labelle et T. P. Lipscomb. 2002c. St. Lawrence beluga whales, the river sweepers? *Environmental Health Perspectives*. **110** (10):285-292.
- Martineau, D., K. Lemberger, A. Dallaire, P. Michel, P. Béland, P. Labelle et T. P. Lipscomb. 2003. Cancer in the Beluga: Response. *Environmental Health Perspectives*. **111**:A78-A79.
- Massé, R., D. Martineau, L. Tremblay et P. Béland. 1986. Concentrations and chromatographic profile of DDT metabolites and polychloro-biphenyl (PCB) residus in stranded beluga whales (*Delphinapterus leucas*) from the St. Lawrence Estuary, Canada. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. **15**:567-579.
- Matkin, C. O., E. L. Saulitis, G. M. Ellis, P. Olesiuk et S. D. Rice. 2008. Ongoing population-level impacts on killer whales *Orcinus orca* following the 'Exxon Valdez' oil spill in Prince William Sound, Alaska. *Marine Ecology Progress Series*. **356**:269-281.
- McAlpine, D. F., M. C. S. Kingsley et P.-Y. Daoust. 1999. A lactating record-age St. Lawrence beluga (*Delphinapterus leucas*). *Marine Mammal Science*. **15**:854-859.
- McCauley, R. D., J. Fewtrell et A. N. Popper. 2003. High intensity anthropogenic sound damages fish ears. *Journal of Acoustical Society of America*. **113**:638-642.

- McDonald, T. A. 2002. A perspective on the potential health risks of PBDEs. *Chemosphere*. **46** (5):745-755.
- McKinney, M. A., A. Arukwe, S. De Guise, D. Martineau, P. Béland, A. Dallaire, S. Lair, M. Lebeuf et R. J. Letcher. 2004. Characterization and profiling of hepatic cytochromes P450 and phase II xenobiotic-metabolizing enzymes in beluga whales (*Delphinapterus leucas*) from the St. Lawrence River Estuary and the Canadian Arctic. *Aquatic Toxicology*. **69** (1):35-49.
- McKinney, M. A., S. De Guise, D. Martineau, P. Béland, M. Lebeuf et R. J. Letcher. 2006. Organohalogen contaminants and metabolites in beluga whale (*Delphinapterus leucas*) liver from two Canadian populations. *Environmental Toxicology and Chemistry*. **25** (5):1246-1257.
- Measures, L. 2004. *Mammifères marins et programmes de réhabilitation de la faune*. Secrétariat canadien de consultation scientifique. Document de recherche 2004/122. 35p.
- Measures, L. 2007a. *Compte-rendu de l'atelier sur le béluga de l'estuaire du Saint-Laurent - Revue du programme des carcasses*. Secrétariat canadien de consultation scientifique. Compte-rendu 2007/005. 94p.
- Measures, L. 2007b. Maladies parasitaires et infectieuses du béluga de l'estuaire du Saint-Laurent. Dans: *Compte-rendu de l'atelier sur le béluga de l'estuaire du Saint-Laurent - Revue du programme des carcasses*. MPO (Ed.). Secrétariat canadien de consultation scientifique. Comte-rendu 2007/005. p.15-17.
- Measures, L. 2008. Les causes de mortalité du béluga du Saint-Laurent. *Le Naturaliste Canadien*. **132** (2):75-79.
- Measures, L. et M. Olson. 1999. Giardiasis in pinnipeds from eastern Canada. *Journal of Wildlife Diseases*. **35**:779-782.
- Measures, L., B. Roberge et R. Sears. 2004. Stranding of a Pygmy Sperm Whale, *Kogia breviceps*, in the Northern Gulf of St. Lawrence, Canada. *Canadian Field-Naturalist*. **118** (4):495-498.
- Meier, S., T. E. Andersen, B. Norberg, A. Thorsen, G. L. Taranger, O. S. Kjesbu, R. Dale, H. C. Morton, J. Klungsøyr et A. Svoldal. 2007. Effects of alkylphenols on the reproductive system of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Aquatic Toxicology*. **81**:207-218.
- Ménard, N. 1998. *Répartition spatiale et structure des bancs de poissons pélagiques dans une aire d'alimentation des cétacés de l'estuaire du Saint-Laurent*. Thèse de Maîtrise. Université Laval, Département de biologie. 107p.
- Ménard, N., M. Pagé, V. Busque, I. Croteau, R. Picard et D. Gobeil. 2007. *Rapport sur l'état du parc marin du Saguenay-Saint-Laurent 2007*. Agence Parcs Canada. Parc marin du

Saguenay-Saint-Laurent. 81p.

- Metcalfe, C., T. Metcalfe, S. Ray, G. Paterson et B. Koenig. 1999. Polychlorinated biphenyls and organochlorine compounds in brain, liver and muscle of beluga whales (*Delphinapterus leucas*) from the Arctic and St. Lawrence estuary. *Marine Environmental Research*. 47:1-15.
- Michaud, R. 1993a. *Distribution estivale du béluga du St-Laurent : synthèse 1986-1992*. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 1906. 28p.
- Michaud, R. 1993b. *Évaluation de la structure de la population des bélugas du Saint-Laurent. 1. Potentiel d'accroissement de la population*. Institut national d'écotoxicologie du Saint-Laurent. 48p.
- Michaud, R. 1996. *Les bélugas du Saint-Laurent, étude de la distribution et de l'organisation sociale 1995-1997*. INESL. Institut national d'écotoxicologie du Saint-Laurent, rapport annuel 1995-1996. 36p.
- Michaud, R. et P. Béland. 2001. Looking for trends in the endangered St. Lawrence beluga population. A critique of Kingsley, M.C.S., 1998. *Marine Mammal Science*. 17:206-212.
- Michaud, R. et V. Chadenet. 1990. *Survols aériens pour l'estimation de la distribution printanière des bélugas du Saint-Laurent*. INESL. Tadoussac. Rapport présenté à Pêches et Océans Canada. 36p.
- Michaud, R., V. de la Chenelière et M. Moisan. 2003. *Les activités d'observation en mer des cétacés dans le parc marin du Saguenay-Saint-Laurent 1994-2002 : Une étude de la répartition spatiale des activités et des facteurs favorisant la concentration des bateaux sur les sites d'observation*. GREMM et PMSSL. Tadoussac. 13p.
- Michaud, R., A. Vézina, N. Rondeau et Y. Vigneault. 1990. *Distribution annuelle et caractérisation préliminaire des habitats du béluga (Delphinapterus leucas) du Saint-Laurent*. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 1757. 31p.
- Minns, C. K., R. G. Rendall, E. M. P. Chadwick, J. E. Moore et R. Green. 1995. Potential impact of climate change on the habitat and population dynamics of juvenile Atlantic Salmon (*Salmo salar*) in Eastern Canada. Dans: *Climate change and northern fish populations*. R. J. Beamish (Ed.). Canadian special publication of fisheries and aquatic sciences. 121. p.699-708.
- Mooney, T. A., P. E. Nachtigall, M. Castellote, K. A. Taylor, A. F. Pacini et J. A. Esteban. 2008. Hearing pathways and directional sensitivity of the beluga whale, *Delphinapterus leucas*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 362 (2):108-116.
- Mosnier, A., V. Lesage, J.-F. Gosselin, S. Lemieux Lefebvre, M. O. Hammill et T. Doniol-Valcroze. 2009. *Information pertinente à la documentation de l'utilisation de l'habitat*

par le béluga du St-Laurent (Delphinapterus leucas) et à la quantification de la qualité de l'habitat. Secrétariat canadien de consultation scientifique. Document de recherche 2009/098. 36p.

- MPO. 2002. *Atelier scientifique sur les mammifères marins, leurs habitats et leurs ressources alimentaires dans le cadre de l'élaboration du projet de zone de protection marine de l'estuaire du Saint-Laurent du 3 au 7 avril, 2000.* Institut Maurice-Lamontagne. Mont-Joli. Comte-rendu. 344p.
- MPO. 2005a. *Compte rendu de la réunion portant sur l'évaluation du potentiel de rétablissement des populations de béluga (Delphinapterus leucas) du détroit de Cumberland, de la baie d'Ungava, de l'est de la baie d'Hudson et du Saint-Laurent. 5-7 avril.* Secrétariat canadien de consultation scientifique. Compte rendu 2005/011. 86p.
- MPO. 2005b. *Évaluation du potentiel de rétablissement des populations de bélugas de la baie de Cumberland, de la baie d'Ungava, de l'est de la baie d'Hudson et du Saint-Laurent (Delphinapterus leucas).* Secrétariat canadien de consultation scientifique. Avis scientifique 2005/036. 15p.
- MPO. 2006. *Stratégie de pêche en conformité avec l'approche de précaution.* Pêches et Océans Canada, Secrétariat canadien de consultation scientifique. Avis scientifique 2006/023. 7p.
- MPO. 2007. *Évaluation du stock de flétan atlantique du golfe du Saint-Laurent (Division OPANO 4RST) en 2006.* Secrétariat canadien de consultation scientifique. Avis scientifique. 2007/007. 14p.
- MPO. 2008. *Évaluation du stock de capelan de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent (Divisions 4RST) en 2007.* Secrétariat canadien de consultation scientifique. Avis scientifique. 2008/037. 13p.
- MPO. 2009a. *Avis sur la désignation de l'habitat essentiel des bélugas du Saint-Laurent (Delphinapterus leucas).* Secrétariat canadien de consultation scientifique. Avis scientifique 2009/070.
- MPO. 2009b. *Évaluation du stock de morue du nord du golfe du Saint-Laurent (3Pn,4RS) en 2008.* Secrétariat canadien de consultation scientifique. Avis scientifique. 2009/010. 17p.
- MPO et WWF. 1995. *Plan de rétablissement du béluga du Saint-Laurent.* Pêches et Océans Canada et Fonds mondial pour la nature. Préparé par l'équipe de rétablissement du béluga du Saint-Laurent. 73p.
- MPO et WWF. 1998. *Mise en oeuvre du Plan de rétablissement du béluga du Saint-Laurent.* Pêches et Océans Canada et Fonds mondial pour la nature. Préparé par le Comité sur le rétablissement du béluga du Saint-Laurent. 102p.
- Muir, D. C. G., C. A. Ford, B. Rosenberg, R. J. Notstrom, M. Simon et P. Béland. 1996a.

- Persistent organochlorines in beluga whales (*Delphin apterus leucas*) from the St Lawrence River Estuary - I. Concentrations and patterns of specific PCBs, chlorinated pesticides and polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans. *Environmental Pollution*. **93** (2):219-234.
- Muir, D. C. G., C. A. Ford, R. E. A. Stewart, T. G. Smith, R. F. Addison, M. E. Zinck et P. Béland. 1990. Organochlorine contaminants in belugas, *Delphinapterus leucas*, from Canadian waters. *Bulletin Canadien des sciences halieutiques et aquatiques*. **224**:165-190.
- Muir, D. C. G., K. Koczanski, B. Rosenberg et P. Béland. 1996b. Persistent organochlorines in beluga whales (*Delphinapterus leucas*) from the St. Lawrence River Estuary. II Temporal trends, 1982-1994. *Environmental Pollution*. **93**:235-245.
- Muir, D. C. G., G. A. Stern et G. T. Tomy. 1999. Chapter 8. Dans: *Handbook of environmental chemistry : New types of persistent halogenated compounds*. J. Paasivirta (Ed.). Springer-Verlag. Berlin. 3K.
- Murray, B. W., R. Michaud et B. N. White. 1999. Allelic and haplotype variation of major histocompatibility complex class II DRB1 and DQB loci in St. Lawrence beluga, (*Delphinapterus leucas*). *Molecular Ecology*. **8**:1127-1139.
- Nakanishi, T. 2007. Potential toxicity of organotin compounds via nuclear receptor signaling in mammals. *Journal of Health Science*. **53** (1):1-9.
- Nakata, H., A. Sakakibara, M. Kanoh, S. Kudo, H. Watanabe, N. Nagai, N. Miyazaki, Y. Asano et S. Tanabe. 2002. Evaluation of mitogen-induced responses in marine mammal and human lymphocytes by in-vitro exposure of butyltins and non-ortho coplanar PCBs. *Environmental Pollution*. **120** (2):245-253.
- Narayana, S., J. Carscadden, J. B. Dempsin, M. F. O'Connell, S. Prinsenberg, D. G. Reddin et N. Shackell. 1995. Marine climate off Newfoundland and its influence on salmon (*Salmo salar*) and capelin (*Mallotus villosus*). Dans: *Climate change and northern fish populations*. R. J. Beamish (Ed.). Canadian special publication of fisheries and aquatic sciences. 121. p.461-474.
- Nielsen, O., R. E. A. Stewart, L. Measures, P. Duignan et C. House. 2000. A morbillivirus antibody survey of Atlantic walrus, narwhal and beluga in Canada. *Journal of Wildlife Diseases*. **36** (3):508-517.
- Nielsen, O., R. E. A. Stewart, L. Nielsen, L. Measures et P. Duignan. 2001. Serologic survey of *Brucella* spp. antibodies in some marine mammals of North America. *Journal of Wildlife Diseases*. **37**:89-100.
- Nieukirk, S. L., K. M. Stafford, D. K. Mellinger, R. P. Dziak et C. G. Fox. 2004. Low-frequency whale and seismic airgun sounds recorded in the mid-Atlantic Ocean. *Journal of the*

- Acoustical Society of America*. **115**:1832-1843.
- NMFS. 2003. Taking marine mammals incidental to conducting oil and gas exploration activities in the Gulf of Mexico. *Federal register*. **68** (41):9991-9996.
- Norstrom, R. J., M. Simon et D. C. G. Muir. 1990. Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in marine mammals in the Canadian. *Environmental Pollution*. **66**:1-19.
- Nozères, C. A. 2006. *Régime alimentaire du béluga, Delphinapterus leucas, de l'estuaire du Saint-Laurent, Canada, tel que révélé par l'analyse des acides gras du lard*. Thèse de Maîtrise. Université Laval, Département de biologie. Québec. 207p.
- NRC. 2003. *Ocean noise and marine mammals*. The National Academy of Science. United States. 151p.
- O'Shea, T. J. 2000. PCBs not to blame [3]. *Science*. **288** (5473):1965-1966.
- Olar, M., W. Adamowicz, P. Boxall et G. E. West. 2007. *Estimation of the Economic benefits of marine mammal recovery in the St. Lawrence estuary*. Centre de recherche en économie agroalimentaire. SR.2007.05.01. 62p.
- Ono, M., N. Kannan, T. Wakimoto et R. Tatsukawa. 1987. Dibenzofurans a greater pollutant than dioxins ? *Marine Pollution Bulletin*. **18**:640-643.
- Painchaud, J. et S. Villeneuve. 2003. *Portrait global de l'état du Saint-Laurent*. Saint-Laurent Vision 2000. 18p.
- Patenaude, N. J., J. S. Quinn, P. Béland, M. Kingsley et B. N. White. 1994. Genetic variation of the St. Lawrence beluga whale population assessed by DNA fingerprinting. *Molecular Ecology*. **3**:375-381.
- Paterson, S., K. Wilson et J. M. Pemberton. 1998. Major histocompatibility complex variation associated with juvenile survival and parasite resistance in a large unmanaged ungulate population (*Ovis aries* L.). *Proceedings of the National Academy of Science U.S.A.* **95**:3714-3719.
- Pelletier, E. et C. Normandeau. 1997. Distribution of butyltin residues in mussels and sea stars of the St Lawrence estuary. *Environmental Technology*. **18** (12):1203-1208.
- Pelletier, M. 2005. *La contamination des sédiments par les toxiques – Le lac Saint-Pierre : dernière halte avant l'estuaire*. Saint-Laurent Vision 2000. En153-114/6-2005F. 8p.
- Pesce, S. F., J. Cazenave, M. V. Monferrán, S. Frede et D. A. Wunderlin. 2008. Integrated survey on toxic effects of lindane on neotropical fish: *Corydoras paleatus* and *Jenynsia multidentata*. *Environmental Pollution*. **156** (3):775-783.

- Peterson, C. H., S. D. Rice, J. W. Short, D. Esler, J. L. Bodkin, B. E. Ballachey et D. B. Irons. 2003. Long-Term Ecosystem Response to the Exxon Valdez Oil Spill. *Science*. **302**:2082-2086.
- Pham, T.-T., B. Rondeau, H. Sabik, S. Proulx et D. Cossa. 2000. Lake Ontario: the predominant source of triazine herbicides in the St. Lawrence River. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. **57** (S1):78-85.
- Pham, T., K. Lum et C. Lemieux. 1993. The occurrence, distribution and sources of DDT in the St. Lawrence River, Quebec (Canada). *Chemosphere*. **26**:1955-1606.
- Pippard, L. 1985a. *Patterns of movement of the St. Lawrence white whales (Delphinapterus leucas)*. Canadian wildlife service et Parcs Canada. Rapport technique. 225p.
- Pippard, L. 1985b. Status of the St. Lawrence River Population of beluga (*Delphinapterus leucas*). *Canadian Field Naturalist*. **99**:438-450.
- Pippard, L. et H. Malcolm. 1978. *White whales (Delphinapterus leucas): observations on their distribution, population and critical habitats in the St. Lawrence and Saguenay Rivers*. Department of Indian and Northern Affairs, Parks Canada. 159p.
- Plante, I., M. Charbonneau et D. G. Cyr. 2007. Regulation of cell-cell interactions in hexachlorobenzene-induced hepatocarcinogenesis in rat. *Bulletin de la Société Zoologique de France*. **132** (1-2):23-30.
- Poon, R., P. Lecavalier, A. Bergman, A. Yagminas, I. Chu et V. E. Valli. 1997. Effects of tris(4-chlorophenyl)methanol on the rat following short-term oral exposure. *Chemosphere*. **34** (1):1-12.
- Quémerais, B., D. Cossa, B. Rondeau, T. T. Pham, P. Gagnon et B. Fortin. 1999. Sources and Fluxes of Mercury in the St. Lawrence River. *Environmental Science and Technology*. **33** (6):840-849.
- Rahman, F., K. H. Langford, M. D. Scrimshaw et J. N. Lester. 2001. Polybrominated diphenyl ether (PBDE) flame retardants. *The Science of The Total Environment*. **275** (1-3):1-17.
- Ray, S., P. Dunn, J. F. Payne, L. Fancey, R. Helbig et P. Béland. 1991. Aromatic DNA-Carcinogen Adducts in Beluga Whales from the Canadian Arctic and Gulf of St. Lawrence. *Marine Pollution Bulletin*. **22**:392-396.
- Reed, L., V. Buchner et P. B. Tchounwou. 2007. Environmental toxicology and health effects associated with hexachlorobenzene exposure. *Reviews on Environmental Health*. **22** (3):213-243.
- Reeves, R. R. 1990. An overview of the distribution, exploitation and conservation status of belugas, worldwide. Dans: *Pour l'avenir du béluga : Compte rendu du forum*

- international*. J. Prescott et M. Gauquelin (Ed.). Les Presses de l'Université du Québec. Québec. p.47-58.
- Reeves, R. R. et S. K. Katona. 1980. Extralimital records of white whales (*Delphinapterus leucas*) in eastern North American waters. *Canadian Field Naturalist*. **94**:239-247.
- Reeves, R. R. et E. Mitchell. 1984. Catch history and initial population of white whales (*Delphinapterus leucas*) in the river and Gulf of the St. Lawrence, eastern Canada. *Naturaliste Canadien*. **111**:63-121.
- Richardson, W. J., C. R. Greene, C. R. Malme et D. H. Thompson. 1995. *Marine mammals and noise*. Academic Press. San Diego. 576p.
- Richardson, W. J., B. W. Würsig et C. R. G. Jr. 1990. Reactions of bowhead whales, *Balaena mysticetus*, to drilling and dredging noise in the Canadian Beaufort Sea. *Marine Environmental Research*. **29**:135-160.
- Roff, D. A. et W. D. Bowen. 1983. Population dynamics and management of the N.W. Atlantic harp seal. *Canadian Journal of the Fisheries and Aquatic Sciences*. **40**:919-932.
- Rondeau, B. 2002. *La qualité de l'eau du secteur fluvial : la contamination par les toxiques*. Saint-Laurent Vision 2000. ENV/2002/0353. 6p.
- Ross, P. S., C. M. Couillard, M. Ikonomou, S. Johannessen, M. Lebeuf, R. Macdonald et G. Tomy. 2008. *Polybrominated Diphenylethers (PBDEs) in the Canadian Marine Environment: An Emerging Health Risk for Fish, Marine Mammals and their Habitat*. Canadian Scientific Advisory Secretariat. Research Document 2008/036. 23p.
- Ross, P. S., R. L. DeSwart, R. Addison, H. Van Loveren, J. Vos et A. Osterhaus. 1996. Contaminant-induced immunotoxicity in harbour seals : wildlife at risk? *Toxicology*. **112**:157-169.
- Ross, P. S., J. G. Vos, L. S. Birnbaum et A. D. M. E. Osterhaus. 2000. PCBs are a health risk for humans and wildlife. *Science*. **289**:1878-1879.
- Santé Canada. 2004. *Rapport de suivi sur une substance de la LSIP1 pour laquelle il n'existait pas suffisamment d'information permettant de conclure qu'elle présentait un danger pour l'environnement -Paraffines chlorées* Gouvernement du Canada. 6p.
- Scharrer, E. 1983. *A small whale hunt in Canada*. Canadian Translation for Fisheries and Aquatic Sciences. 4973. 16p.
- Scheifele, P., R. Michaud, P. Béland et I. G. Babb. 1997. *Évaluation des niveaux de bruits ambiants et de source anthropogénique dans l'habitat du béluga du Saint-Laurent et leurs impacts potentiels*. Rapport non publié de l'Institut national d'écotoxicologie du Saint-Laurent. Tadoussac. 16p.

- Scheifele, P. M., S. Andrew, R. A. Cooper, M. Darre, F. E. Musiek et L. Max. 2005. Indication of a lombard vocal response in the St. Lawrence river beluga. *Journal of Acoustical Society of America*. **117**:1486-1492.
- Schiedek, D., B. Sundelin, J. W. Readman et R. W. Macdonald. 2007. Interactions between climate change and contaminants. *Marine Pollution Bulletin*. **54** (12):1845-1856.
- Scholin, C. A., F. Gulland, G. J. Doucette, S. Benson, M. Busman, F. P. Chavez, J. Cordaro, R. DeLong, A. De Vogelaere, J. Harvey, M. Haulena, K. Lefebvre, T. Lipscomb, S. Loscutoff, L. J. Lowenstine, R. Marin Iii, P. E. Miller, W. A. McLellan, P. D. R. Moeller, C. L. Powell, T. Rowles, P. Silvagni, M. Silver, T. Spraker, V. Trainer et F. M. Van Dolah. 2000. Mortality of sea lions along the central California coast linked to a toxic diatom bloom. *Nature*. **403** (6765):80-84.
- Schottler, S. P. et S. J. Eisenreich. 1997. Mass balance model to quantify atrazine sources, transformation rates, and trends in the Great Lakes. *Environmental Science and Technology*. **31**:2616-2625.
- Sears, R. et J. M. Williamson. 1982. *A preliminary aerial survey of marine mammals for the gulf of St. Lawrence to determine their distribution and relative abundance*. Mingan island cetacean study. Sept-Îles. Rapport préparé pour Parcs Canada. 70p.
- Sergeant, D. E. 1973. Biology of white whales (*Delphinapterus leucas*) in Western Hudson Bay. *Journal of Fisheries Research Board of Canada* **30**:1065-1090.
- Sergeant, D. E. 1986. Present status of white whales (*Delphinapterus leucas*) in the St. Lawrence estuary. *Naturaliste Canadien*. **113**:61-81.
- Sergeant, D. E. 1991. *Harp seals, man and ice*. MPO. Canadian special publication in fisheries and aquatic sciences 114. 153p.
- Sergeant, D. E. et P. F. Brodie. 1975. Identity, abundance and present status of white whales (*Delphinapterus leucas*) in North America. *Journal of Fisheries Research Board of Canada*. **32**:1047-1054.
- Sergeant, D. E. et W. Hoek. 1988. A update of the status of white whales, *Delphinapterus leucas*, in the St. Lawrence Estuary, Canada. *Biological Conservation*. **45**:287-302.
- Siddle, H. V., A. Kreiss, M. D. B. Eldridge, E. Noonan, C. J. Clarke, S. Pyecroft, G. M. Woods et K. Belov. 2007. Transmission of a fatal clonal tumor by biting occurs due to depleted MHC diversity in a threatened carnivorous marsupial. *Proceedings of the National Academy of Science U.S.A.* **104**:16221-16226.
- Simard, N. et M. Hardy. 2004. *Le chenal Laurentien comme zone auxiliaire d'échange des eaux de lest : risques, analyse et recommandations*. Secrétariat canadien de consultation

scientifique. Document de recherche 2004/120. 74p.

- Simard, Y., N. Roy et C. Gervaise. 2006. *Shipping noise and whales: World tallest ocean liner vs largest animal on earth*. OCEANS 2006, 18-21 Sept. 2006. p.1-6.
- Smith, M. C. et E. M. Levy. 1990. Geochronology for polycyclic aromatic hydrocarbon contamination in sediments of the saguenay fjord *Environmental Science and Technology*. **24**:874-879.
- SOM. 2006. *Estimation de la fréquentation du parc marin Saguenay-Saint-Laurent*. Parcs Canada. 44p.
- Southall, B. L., A. E. Bowles, W. T. Ellison, J. J. Finneran, R. L. Gentry, C. R. G. Jr., D. Kastak, D. R. Ketten, J. H. Miller, P. E. Nachtigall, W. J. Richardson, J. A. Thomas et P. L. Tyack. 2007. Marine mammal noise exposure criteria. *Aquatic mammals*. **33** (4):411-521.
- St-Louis, R., S. De Mora, E. Pelletier, B. Doidge, D. Leclair, I. Mikaelian et D. Martineau. 2000. Hepatic Butyltin concentrations in beluga whales (*Delphinapterus leucas*) from the St Lawrence Estuary and Northern Quebec, Canada. *Applied Organometallic Chemistry*. **14** (4):218-226.
- St.-Louis, R., C. Gobeil et E. Pelletier. 1997. Le tributyletain et ses produits de dégradation dans l'estuaire du Saint-Laurent (Canada). *Environmental Technology*. **18**:1209-1218.
- Stewart, R. E. A., S. E. Campana, C. M. Jones et B. E. Stewart. 2006. Bomb radiocarbon dating calibrates beluga (*Delphinapterus leucas*) age estimates. *Canadian Journal of Zoology*. **84**:1840-1852.
- Stone, C. J. 2003. *The effects of seismic activity on marine mammals in UK waters, 1998-2002*. Joint Nature Conservation Committee. Peterborough, U.K. 78p.
- Subramanian, A., S. Tanabe, R. Tatsukawa, S. Saito et N. Miyazaki. 1987. Reduction in the testosterone levels by PCBs and DDE in Dall's porpoises of Northwestern North Pacific. *Marine Pollution Bulletin*. **18** (12):643-646.
- Tanabe, S. 1999. Butyltin contamination in marine mammals - A review. *Marine Pollution Bulletin*. **39** (1-12):62-72.
- Tecsult Environnement. 2000. *Étude socio-économique d'un secteur retenu pour l'identification d'une zone de protection marine pilote: Estuaire du Saint-Laurent*. Pêches et Océans Canada. Québec.
- Tester, M. et D. Ellis. 1995. TBT controls and the recovery of whelks from imposex. *Marine Pollution Bulletin*. **30** (1):90-91.
- Thériault, G., G. Gibbs et C. Tremblay. 2002. Cancer in belugas from the St. Lawrence estuary.

Environmental Health Perspectives. 110 (A562)

- Tomy, G. T., D. C. G. Muir, G. A. Stern et J. B. Westmore. 2000. Levels of C10-C13 Polychloro-*n*-Alkanes in Marine Mammals from the Arctic and the St. Lawrence river Estuary. *Environmental Science and Technology*. 34:1615-1619.
- Tryland, M. 2000. Zoonoses of arctic marine mammals. *Infectious disease review*. 2:55-64.
- Tyack, P. L. 2008. Implications for marine mammals of large-scale changes in the marine acoustic environment. *Journal of Mammalogy*. 89 (3):549-558.
- Ulrich, M. M., S. R. Muller, H. P. Singer, D. M. Imboden et R. P. Schwarzenbach. 1994. Input and dynamic behavior of the organic pollutants tetrachloroethene, atrazine, and NTA in a lake: a study combining mathematical modelling and field measurements. *Environmental Science and Technology*. 28:1674-1685.
- Upham, B. L., N. D. Deocampo, B. Wurl et J. E. Trosko. 1998. Inhibition of gap junctional intercellular communication by perfluorinated fatty acids is dependent on the chain length of the fluorinated tail. *International Journal of Cancer*. 78 (4):491-495.
- USEPA. 2002. Perfluoroalkyl Sulfonates; Significant New Use Rule; Final Rule and Supplemental Proposed Rule. *Federal register*. 67:11008-11013.
- Van Dolah, F. M. 2000. Marine algal toxins: Origins, health effects, and their increased occurrence. *Environmental Health Perspectives*. 108 (SUPPL. 1):133-141.
- Viglino, L., E. Pelletier et R. St.-Louis. 2004. Highly persistent butyltins in Northern marine sediments: a long-term threat for the Saguenay Fjord (Canada). *Environmental Toxicology and Chemistry*. 23 (11):2673-2681.
- Villeneuve, S. et L. Quilliam. 1999. *Les risques et les conséquences environnementales de la navigation sur le Saint-Laurent*. Centre Saint-Laurent. Montréal. Rapport scientifique et technique ST-188. 160p.
- Vladykov, V. D. 1944. *Études sur les mammifères aquatiques. III. Chasse, biologie et valeur économique du marsouin blanc ou béluga (Delphinapterus leucas) du fleuve et du golfe du Saint-Laurent*. Département des pêcheries. Province de Québec. 194p.
- Vladykov, V. D. 1946. *Études sur les mammifères aquatiques. IV. Nourriture du marsouin blanc (Delphinapterus leucas) du fleuve Saint-Laurent*. Département des Pêcheries, Province de Québec. Numéro 17. 119p.
- Ward, J., S. P. Mohapatra et A. Mitchell. 2008. An overview of policies for managing polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in the Great Lakes basin. *Environment International*. 34 (8):1148-1156.

- Watanabe, M., S. Tanabe, N. Miyazaki, E. A. Petrov et W. M. Jarman. 1999. Contamination of Tris(4-chlorophenyl) methane and tris(4-chlorophenyl) methanol in marine mammals from Russia and Japan: Body distribution, bioaccumulation and contamination status. *Marine Pollution Bulletin*. **39** (1-12):393-398.
- Weilgart, L. S. 2007. The impacts of anthropogenic ocean noise on cetaceans and implications for management. *Canadian Journal of Zoology*. **85** (11):1091-1116.
- White, L. et F. Johns. 1997. *Évaluation du milieu marin de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent*. Pêches et Océans Canada. Dartmouth, Mont-Joli. 128.
- Williams, R., D. Lusseau et P. S. Hammond. 2006. Estimating relative energetic costs of human disturbance to killer whales (*Orcinus orca*). *Biological Conservation*. **133** (3):301-311.
- Wong, S., M. Fournier, D. Coderre, W. Banska et K. Krzystyniak. 1992. Environmental toxicology. Dans: *Animal biomarkers as pollution indicators*. D. Peakall (Ed.). Chapman & Hall. New York. p.167-281.
- Yagouti, A., G. Boulet et L. Vescovi. 2006. *Homogénéisation des séries de température et analyse de la variabilité spatio-temporelle de ces séries au Québec méridional*. Ouranos. Rapport No 4. 154p.
- Yang, F., Y. K. Chau et R. J. Maguire. 1998. Occurrence of butyltin compounds in beluga whales (*Delphinapterus leucas*). *Applied Organometallic Chemistry*. **12** (8-9):651-656.